

ВВЕДЕНИЕ

Строительство было востребовано во все времена. После спада в строительстве, наблюдавшегося в период перестройки, значимость строительства существенно возросла, что определилось: дефицитом жилья; большим количеством старых зданий, не пригодных для жилья; развитием и перестройкой промышленности (в т.ч. выносом многих предприятий за пределы городов); развитием системы автомобильных дорог и коммуникаций, особенно магистральных газо- и нефтепроводов, сооружением высоковольтных линий и т.д. В условиях рыночных отношений спрос на жилье отражается во взлете цен на него.

Важным фактором повышения производительности труда, и качества строительства является широкое внедрение комплексной механизации и ее совершенствование, а также возрастание оснащенности строительных организаций средствами малой механизации и нормо-комплектами для кровельных, штукатурных и малярных работ. Наиболее трудоемкие процессы и операции практически почти полностью механизированы. С целью сокращения малоквалифицированного монотонного труда, а также труда в тяжелых и вредных условиях, все шире внедряются автоматические манипуляторы, а на предприятиях стройиндустрии – промышленные роботы. В настоящее время в строительстве используется огромный парк строительных машин и оборудования (только в городском строительстве используется около 600 тыс. ед.), что позволяет комплексно механизировать основные работы на всех этапах строительного производства.

Возрастают требования к качеству и повышению темпов строительства, но часто у строителей наблюдаются недостаточные знания в области механизации, что может приводить к низкому качеству возводимых зданий и сооружений, а в некоторых случаях к авариям.

Представить строительство без строительных машин практически невозможно, поэтому приобретение строителями специальных знаний о техническом вооружении строительства является насущной необходимостью. Эти знания нужны разработчикам проектов строительного производства, прорабам, инженерам-технологам на предприятиях стройиндустрии и другим специалистам как для правильного подбора комплектов строительных машин, так и для эффективного их использования. Выбор строительной техники влияет как на разработку проектов работ, так и на их реализацию. Эксплуатация строительных машин в соответствии с нормами и правилами их применения существенно повышает безопасность и снижает уровень аварийности строительных работ.

Дисциплина «Строительные машины» при подготовке инженеров строительных специальностей занимает особое место. Она связана с технологическими дисциплинами, т.к. все технологические процессы и операции выполняются с помощью строительных машин. Эффективное использование строи-

тельных машин существенно повышает производительность при выполнении строительных работ и повышает их экономическую эффективность.

В учебнике кратко изложены сведения о строительных машинах различных назначений. Даны обобщенные классификации машин. Рассмотрены назначение, область применения, индексация, устройство, рабочие процессы, конструктивные особенности и принципиальные схемы основных машин различных видов. Для некоторых машин приведены кинематические схемы. Приведены расчеты производительности и экономической эффективности машин, а также расчет стоимости их машиносмен.

Разнообразие строительных машин велико, но их номенклатура продолжает постоянно расширяться и пополняться новыми моделями. Так, для работы в стесненных условиях применяются не только средства малой механизации, позволяющие почти полностью исключить ручной труд, но и высокопроизводительные многоцелевые компактные машины, обладающие высокой мобильностью. Поэтому важно не просто приобрести знания о машинах, но и понимать, как их наиболее эффективно применять, для чего необходимо понимать принципы рабочих процессов машин. Разнообразие и широта фронта строительных работ потребовали включения в учебник сведений о машинах самых различных назначений, придав ему энциклопедический характер.

В послевоенные годы развитие промышленности и жилищного строительства требовало постоянного увеличения объемов и темпов строительства, что вместе с ростом парка строительных машин, особенно подъемных кранов, привело к коренной перестройке строительства, начавшейся в начале 50-х гг. XX в., и к изменению: 1) строительных материалов; 2) конструктивных элементов; 3) технологий строительных работ и строительной техники. Основным строительным материалом становится железобетон. Конструктивные элементы укрупняются от кирпича и блока до крупных панелей и объемных элементов. Строительство становится индустриальным; большинство стройплощадок превращаются в монтажные площадки. Заводское производство сборных ЖБК становится неотъемлемой частью строительства.

В последнее время в строительном комплексе существенно изменилась технология возведения жилых домов. Доля крупнопанельного домостроения снизилась до 15% от общего объема. В основном сооружаются кирпично-монолитные, кирпичные и монолитные здания. Строительство монолитных зданий потребовало внедрения специального оборудования для возведения железобетонных каркасов зданий. При возведении кирпичных зданий также необходимы железобетонные сваи, фундаменты, перекрытия, лестничные марши, балконные плиты и пр. Не смотря на то, что в настоящее время многие заводы сборных ЖБК прекратили свое существование или превратились в бетоносмесительные заводы, железобетон является и остается на обозримое будущее основным строительным материалом. В последнее время решается вопрос о возрождении стройиндустрии и об увеличении строительства из сборных железобетонных конструкций, что позволит ускорить жилищное строительство.

Все эти изменения привели к развитию механизации, которая, в свою очередь, способствовала ускорению развития конструкций зданий и сооружений и технологии выполнения строительных работ.

Так как острой проблемой в России является состояние дорог, в том числе и городских, то в учебнике уделено внимание механизации строительства дорог и мостов, бестраншейной прокладке коммуникаций. В учебник включен материал, показывающий перспективу развития машин некоторых видов и использование автоматизации в строительных процессах. Уделено внимание проблемам, вызывающим определенные трудности в различных областях строительного производства и на предприятиях строительной индустрии.

Освоение учебной дисциплины и материал учебника помогут в будущем инженеру-строителю обоснованно подбирать машины с определенными параметрами и машинные комплексы, а также наиболее эффективно их использовать. Понимание принципа работы машин и основных вопросов их безопасной эксплуатации приведет к снижению возможностей возникновения аварийных ситуаций и уменьшению количества аварий с машинами на строительных объектах.

Замечания и пожелания просьба присылать по адресу: 198103 Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д.2/5, каф. ТТМ (в строительстве) СПбГАСУ, либо по электронной почте на кафедру: tm@spbgasu.ru

Г л а в а 1

Общие сведения о строительных машинах

1.1. Развитие механизации строительства

Наиболее простые орудия и устройства, облегчающие выполнение трудоемких и тяжелых строительных работ, таких, как рытье каналов, котлованов, шахт, возведение плотин, пирамид, башен и стен, применялись в течение нескольких тысячелетий. Подъем и перемещение грузов является одним из основных процессов в технологии строительных работ, поэтому кратко рассмотрим развитие грузоподъемных машин и транспортных устройств.

Простейшие устройства для подъема и перемещения тяжелых грузов: рычаги, катки, наклонные плоскости использовались еще при сооружении древнейших каменных построек. Они позволяли поднимать и перемещать грузы без применения промежуточных элементов, связывающих подъемное устройство с грузом (цепей, канатов), и применялись, например, при сооружении дольменов, пирамид, колоссальных построек Ассирии, Вавилона, Египта, гидротехнических сооружений в долине Желтой реки в древнем Китае, при возведении построек в древнем Риме и т.д. С их помощью перемещались на большое расстояние и поднимались на значительную высоту огромные грузы, доходившие иногда до таких размеров, что и сегодня сам факт их перемещения вызывает удивление. Так, например, на развалинах древних построек встречаются монолитные камни весом в 90 тонн и более, например колонны храма в Гелиополисе (вес 360 т).

Археологические раскопки в местах древних поселений в низовьях междуречья Тигра и Евфрата документально доказали, что задолго до Вавилонской цивилизации, в середине III тысячелетия до н.э. у шумеров уже была четырехколесная повозка. А это означает, что они в то время строили дороги, и часто с твердым покрытием, т.е. дороги, выложенные каменными плитами, на которых меньше сопротивление передвижению. В XVII веке до н.э. в царствование Хаммурапи была установлена громадная колонна из диорита, на которой были высечены 290 параграфов кодекса законов этого царя, а в XII в. до н.э. эламиты завоевали это царство и перевезли (а может перетащили) эту колонну за 300 км в город Сузы.

В Египте в эпоху древнего царства катки, наклонные плоскости и рычаги использовались при постройке пирамид. Считается, что по наклонным песочным плоскостям, поверхность которых сверху была уложена тонкими каменными плитами, втаскивались каменные глыбы, обелиски и колоссальные статуи, вес которых достигал 700 т (колоссы Мемнона) и даже 1000 т (статуя Рамсеса-II – 1388...1322 гг. до н.э.). В XXII веке до н.э. в Египте была построена самая большая пирамида – пирамида Хеопса высотой 147 м из каменных плит размерами $9 \times 2 \times 2$ м, весом каждая по 90 тонн. Строилась

пирамида 20 лет, и на строительстве было задействовано ~100000 человек. Документов, свидетельствующих о применении в Египте воротов, кабестанов и полиспастов, не обнаружено, что пытаются объяснить лишь наличием дешевой рабочей силы, не стимулировавшей развитие и совершенствование механических приспособлений.

Первые описания простейших механизмов (рычагов, катков, полиспастов) были найдены в трудах древнегреческого философа Аристотеля (384...322 гг. до н.э.). С канатами и цепями начали применяться блоки и ворота (вертикальные и горизонтальные). Такие подъемные устройства значительно большее развитие получили в Древней Греции.

Древние греки уже в V веке до н.э. для подъема грузов при возведении крепостных стен применяли “журавль” – (греч. “геранос”, по-немецки “краних”, откуда и произошло русское название “кран”). Позднее древними греками применялись конные ворота и подъемные устройства, несущей конструкцией которых были раскрепленные канатами наклонные деревянные столбы, имеющие постоянные или переменные углы наклона. На них подвешивались полиспасты с простейшими захватными устройствами для штучных грузов. Знаменитый Архимед (212 г. до н.э.) во времена Пунических войн при защите родного города Сиракузы (о. Сицилия) применил рычажные устройства, снабженные специальными крюками для опрокидывания вражеских римских кораблей, а с другой стороны суши те же устройства, снабженные клещевыми захватами, уничтожали стенобитные тараны.

Древнегреческий математик Пап Александрийский в своих трудах, написанных в 284...305 гг. н.э., дает описание первых лебедок – устройств, которые теперь имеются, практически, на всех грузоподъемных машинах. Автор трудов говорит, что он многое заимствовал из сочинений Герона (120 г. до н.э.), в том числе описание устройства, имевшего ручной привод и зубчатую передачу, вращающую барабан, на который наматывался канат, подтягивающий груз.

Римляне, в основном, пользовались культурой Греции. Дальнейшее совершенствование римлянами таких установок привело к созданию поворотных подъемных кранов. По относящемуся к I в. до н.э. описанию Ветрувия эти краны укреплялись на прочных деревянных брусках, которые могли поворачиваться на катках в любую сторону. Подъем груза осуществлялся с помощью воротов. В древнем Риме появились клетевые подъемники – прототипы современных лифтов.

В эпоху Средневековья развитие строительной техники практически прекратилось. И только в XI – XII веках в связи с развитием торговли, мореплавания и горнометаллургической промышленности снова отмечается развитие этих машин и расширение области их применения. Надо было сооружать порты, прокладывать подъездные пути, воздвигать мосты и строить фабричные здания и склады. Все это связано с выполнением больших объемов работ, и в первую очередь, земляных. Появляются первые передвижные строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины, которые приводились в движение мускульной силой людей либо животных, а также

первые стационарные машины для производства стройматериалов, приводимые в движение силой ветра или воды. Эти источники энергии оставались основными до конца XVIII в. В XI в. при строительстве Софийского собора в Новгороде использовались сложные системы блоков – полиспасты. В XIV – XV веках на основе развития механики и требований, выдвинутых развитием торговли и промышленности, совершенствуются грузоподъемные машины. Соединение ворота с блоком или полиспастом позволило создать основное звено грузоподъемного устройства – механизм подъема груза и дало толчок к появлению различных по конструкции типов кранов.

В Европе (Италия, Германия, Чехия) стали создаваться поворотные стреловые краны с остовом из дерева и с конным приводом. В XVI веке н.э. уже была известна реверсивная муфта, которая позволяла изменять направление вращения барабана от постоянно вращающегося в одном направлении вертикального вала.

Первые тормозные устройства описаны Георгием Агриколой (он же Георг Бауер, 1490 – 1555 гг.). Они использовались в стационарной подъемной машине, приводимой в движение конной тягой. Конструкция этого первого тормоза является прототипом современных колодочных тормозов. К огромному вращающемуся шкиву рабочий с помощью тяг и рычагов, когда это нужно, прижимают деревянный брус, расположенный горизонтально под шкивом, который за счет силы трения, возникающей между шкивом и брусом, останавливает машину. И груз, например бадья с рудой или водой, удерживается на весу.

В конце XVII в. в Московском Кремле при помощи ручных лебедок с использованием противовесов и рычагов был поднят колокол весом более 130 т. Лебедки размещались на башне, а грузы-противовесы были уложены на площадках, подвешенных на канатах, переброшенных через четырехгранные блоки. Противовесы позволили существенно снизить усилия подъема груза.

В 1752 г. на Урале было предложено скатное устройство маятникового типа, которое имело две грузовые платформы, связанные с воротом таким образом, что груженная платформа перемещалась вниз под действием составляющей собственного веса и поднимала пустую платформу. Для регулирования скорости спуска применялся одноколодочный тормоз.

Машина К.Д. Фролова, снабженная двумя попеременно поднимающимися бадьями, приводилась в движение силой падающей воды; направление движения подъемных канатов изменялось специальным затвором, направлявшим поток падающей воды на правое или левое приводное колесо. Машина была снабжена одноколодочным тормозом, управляемым вручную посредством рычажной системы.

В кранах, вводившихся в эксплуатацию до XIX в., основные узлы (стойки, стрелы, ворота и др.) выполнялись из дерева. Даже обода и зубья зубчатых колес выполнялись деревянными. Сталь применялась только для таких деталей как оси, храповики, крюки. Замена дерева металлом начинает осуществляться лишь в первой четверти XIX в.

В конце XVIII в. в различных машинах начинают использовать гидравлический привод, в котором рабочей жидкостью служила вода, подававшаяся в рабочие цилиндры под давлением, достигавшим нескольких десятков атмосфер. Но только в 1847 г. в Англии был введен в эксплуатацию первый подъемный кран с гидравлическим приводом.

В 1769 г. с помощью лебедок, полиспастов и катков на специальном настиле, состоявшем из двух деревянных рам-обойм с продольными желобами, перемещался гранитный камень весом более 100000 пудов для цоколя памятнику Петру I. Желоба верхней и нижней обоймы были армированы медными листами, а между ними помещались бронзовые шары. По мере продвижения верхней обоймы с камнем, под нее укладывались новые нижние обоймы с шарами. Обоймы с шарами образовывали подобие упорных шариковых подшипников.

С помощью деревянных лесов и деревянных ворот в 1828...1830 годах были выполнены работы по установке колонн двухъярусных колоннад Исаакиевского собора, а в 1832 году – работы по установке Александрийской колонны, вес которой превышал 600 тонн.

В конце XVIII и начале XIX в. после изобретения парового двигателя (Уатт, 1763 г.) начался новый этап в развитии краностроения. В 1827 году в Англии впервые построен паровой подъемный кран, но в последующие годы краны с паровым приводом не получили широкого распространения из-за несовершенства конструкции паровой машины. Только в 90 годах XIX столетия после совершенствования паросиловых установок, уменьшения их габаритных размеров и веса паровые краны постепенно вытесняют гидравлические. В России первый паровой железнодорожный кран был построен в 80-е годы XIX столетия. В этот же период в России создают мостовые и порталные краны, а в 1877 г. – кабельный кран.

В середине XIX века в России индивидуальное производство подъемных кранов по заказу велось на Костромском механическом заводе, а в конце XIX века выпуск подъемного оборудования различных типов был освоен такими крупнейшими машиностроительными заводами, как Путиловский, Сормовский, Коломенский, Брянский, Краматорский и др.

В 20-х годах XIX столетия в Париже был построен первый мостовой кран, выполненный целиком из дерева. Деревянные и деревянно-металлические несущие конструкции мостовых и козловых подъемных кранов, стрел порталных кранов применялись еще в последней четверти XIX века, хотя замена дерева металлом сравнительно широко начинает осуществляться уже в первой четверти XIX в.

Промышленное краностроение особенно интенсивно стало развиваться после изобретения электропривода. В 1880 г. в Германии были созданы электрические фрикционные лебедки и построен первый электрический подъемник, механизм подъема которого имел червячную передачу и зубчатые колеса, входящие в зацепление с зубьями неподвижной направляющей рейки. В это же время был построен мостовой кран, все механизмы которого имели привод от одного электрического двигателя. В 1889 году в США был введен в

эксплуатацию первый электрический мостовой кран с отдельными электрическими приводами всех механизмов. В 1908 г. создана электрореверсивная лебедка. Один из авторов учебника (Волков С.А.) в конце 70-х годов обследовал мостовой кран на Пролетарском заводе, построенный Путиловскими мастерскими в 1898 году. Конструктивное решение этого крана было оптимальным.

С развитием жилищного и промышленного строительства начали создавать строительные краны. В 1902 г. были созданы краны-укосины. Они имели деревянную мачту и металлическую укосину, на которых крепились блоки, а лебедка устанавливалась на земле. В 1905 г. в Германии был создан свободно стоящий поворотный стационарный кран, а в 1908 г. – передвижной башенный кран с грузовой тележкой на стреле. В 1914 г. был создан башенный кран с подъемной стрелой, имеющий все признаки современных башенных кранов.

До начала 50-х годов башенные краны имели неповоротную башню; их монтаж был длителен и трудоемок. Ускорение темпов строительства привело к появлению мобильных кранов, которые перевозились в сложенном виде. Время их монтажа по сравнению с ранее применявшимися кранами было значительно сокращено. Рост этажности строительства привел к созданию механизмов наращивания башни, что позволило сократить время монтажа кранов с неповоротной башней и продолжить развитие их конструкций.

Интересна история развития конструкций машин для земляных работ, среди которых наиболее трудоемки землеройные.

В венецианском издании «Кодекс Джованни Фонтана» 1420 года опубликован рассказ об использовании для углубления дна каналов и расширения морских гаваней ковшедолбежной землечерпалки. Официально идея создания землеройных машин принадлежит Леонардо да Винчи, который в начале XVI в. предложил схемы экскаваторов-драглайнов. К 1500 г. относится набросок чертежа грейфера для землечерпалки. Несколько лет спустя Леонардо руководил прокладкой каналов в засушливой Миланской долине, где на земляных работах он применил землечерпалку собственной конструкции.

В 1809...1811 гг. в России создана машина Бухтеева для пробивания мелей, мешающих судоходству. В 1809 г. была изготовлена землечерпалка, которая работала в Кронштадтском порту. В 1812 г. под руководством инж. А. Бетанкура на Ижорском заводе была построена многоковшовая паровая землечерпалка с двигателем мощностью 15 л.с. – это был, пожалуй, один из первых многоковшовых экскаваторов. За рубежом такие землечерпалки появились 18 лет спустя. В 1847 году русский изобретатель Кушелевский предложил идею землечерпательной машины, которая могла работать как на воде, так и на суше, соединяя достоинства речной землечерпалки и сухопутного экскаватора.

В 1836 г. механик В. Отис (США) построил первый паровой однокоршковый экскаватор с коршом емкостью 1,14 м³ и мощностью 15 л. с. на рельсовом ходу без привода. Его производительность составляла 30...80 м³/ч, что всего только в 1,5...2 раза ниже производительности современного

канатного экскаватора с ковшом такой же емкости. По принципу действия этот экскаватор можно считать прототипом современных машин. До начала широкого строительства железных дорог и крупных заводов экскаваторы не получили широкого применения. В 1842 г. мировой парк их состоял лишь из семи машин, четыре из которых использовались на строительстве железной дороги Петербург – Москва. Там же работали свайные молоты с приводом от паровых лебедок.

В 1854 году в Петербурге были изданы материалы, подготовленные комиссией, изучавшей природные богатства и хозяйство Пермской губернии. В них опубликованы сведения о первом русском паровом экскаваторе, названном авторами документа “земляным механизмом”. Автор машины – неизвестный механик из Нижнего Тагила. Машина могла перемещаться и “посредством особых устройств” копала руду и производила ее уборку от забоя, подготавливая фронт работ для дальнейшей выемки руды. Так, в середине XIX в. на Урале, в руднике горы Великой был применен способ открытой разработки полезных ископаемых с помощью экскаватора.

Первый колесный скрепер с конной тягой появился в XVIII в., но еще во второй половине XIX в. на земляных работах использовались конные совкообразные скреперы-волокуши вместимостью 0,1...0,3 м³, а также колесные скреперы с ковшами 0,2...0,3 м³. Еще в середине XIX в. в России выравнивали дороги бревнами, волочившимися за конной тягой. В 70-е годы XIX в. в США появились первые грейдеры – телеги с подвешенным к ним ножом-отвалом. В 1875 г. был построен первый грейдер-элеватор, а в 1887 г. – первый прицепной грейдер, имевший металлическую раму, на которой были механизмы, регулирующие положение ножа. Обе эти машины работали на конной тяге.

Еще 2...3 тысячи лет назад на дорожных работах применялись каменные катки с ручной тягой. Во второй половине XIX в. тяга была заменена на конную, а затем каменные катки – на металлические. В конце XIX в. на Коломенском заводе началось производство паровых катков массой 10 т. при мощности 15...25 л.с.

В 1858 г. появились первые щековые дробилки для дробления щебня. Принцип их действия и конструктивное решение основных узлов сохранились до настоящего времени. Первые смесительные машины с деревянным барабаном и ручным приводом появились в середине XIX в.; в дальнейшем ручной привод был заменен конным, а деревянные барабаны железными, а еще позже был применен паровой привод. Первый отечественный паровой молот был построен в 1869 г.

В царской России экскаваторостроения не существовало, если не считать, что с 1900 по 1917 гг. Путиловский завод по чертежам фирмы Бюсайрус (США) построил 37 экскаваторов железнодорожного типа с ковшом емкостью 2,3 м³, 2 экскаватора того же типа с ковшом емкостью 0,4 м³ и 10 многоковшовых экскаваторов по чертежам фирмы Любек (Германия) производительностью 98 м³/ч.

В дореволюционной России объем земляных работ был незначителен и при наличии дешевых рабочих рук все работы обычно выполнялись вручную. Первые экскаваторы на гусеничном ходу появились в 1912 г.

В развитии конструкций строительных машин наблюдаются следующие тенденции: использование при проектировании рабочего оборудования принципа подобия ручным операциям; переход от деревянных конструкций к стальным; замена ручного, конного, ветряного и водяного приводов на паровой, а затем на двигатели внутреннего сгорания и на электрические; замена неприводных ходовых устройств в виде деревянных катков и колес на приводные рельсовые, гусеничные или пневмоколесные ходовые устройства (на самых крупных машинах – шагающие); замена механической трансмиссии на гидравлическую или электрическую передачу мощности к исполнительным органам. Начиная с 1960...1965 гг., наблюдается быстрый рост производства машин с гидроприводом, повышающим их универсальность, облегчающим управление и автоматизацию.

Следует отметить постепенное относительное уменьшение роста парка одноковшовых экскаваторов в строительстве по сравнению с ростом парка экскаваторов непрерывного действия и землеройно-транспортных машин и соответственное изменение объемов выполняемых ими земляных работ; например, объем земляных работ в строительстве, выполняемых одноковшовыми экскаваторами, с 1970 г. по 1990 г. упал с 48 до 34%, а землеройно-транспортными машинами и экскаваторами непрерывного действия, соответственно, возрос с 37 до 43% и с 4 до 10%. Но одноковшовые экскаваторы незаменимы в районах, где побывал ледник, из-за каменистых включений в грунте.

Особенности развития нашей страны наложили отпечаток на развитие строительной техники. В дореволюционной России парк строительных машин составлял около 220 единиц. В основном это были экскаваторы, ленточные конвейеры, краны-укосины. Во время революционных событий, первой мировой и гражданской войн парк строительных машин был практически уничтожен. На строительстве Волховской ГЭС работал единственный в стране работоспособный паровой экскаватор.

Созданное в первые годы Советской власти Бюро Земмашин при ВСНХ наладило восстановление и ремонт имевшихся землеройных машин и обучение кадров машинистов. Первые крупные по тому времени экскаваторные работы были осуществлены на строительстве Кондопожской гидроэлектростанции в 1922 – 1925 гг., при сооружении двухкилометрового канала между озером Нига, соединенным с сетью карельских озер, и Онежским озером. Этими же экскаваторами производились земляные работы на первых советских стройках: Туркестано-Сибирской железной дороге (1927 г.), Днепровской гидроэлектростанции (1927 г.), Магнитогорском металлургическом комбинате (1929 г.).

На строительстве Днепрогэса бетонную смесь перемешивали и уплотняли ногами. Стройка в “лесах” – это обычная картина того времени. Кирпич поднимали на спине с помощью “козы”. Необходимо было создавать парк

строительных машин, но для разработки и создания крупных и малых машин не хватало специалистов и материальных ресурсов, поэтому был выбран курс на создание и выпуск строительных машин со средними эксплуатационно-техническими показателями, что могло позволить механизировать достаточно большие объемы работ.

В 1926 г. на Онежском заводе в г. Петрозаводске был организован выпуск грейдеров, скреперов, утюгов и другого оборудования. В СССР в 1931 на Ковровском заводе выпущены первые 15 железнодорожных экскаваторов с ковшом емкостью 1,9...2,3 м³. Там же одновременно готовились к выпуску гусеничных экскаваторов с ковшом 1,5 м³. В 1932 году парк экскаваторов СССР состоял лишь из 106 машин. С начала 30-х годов широко развернулось отечественное производство экскаваторов и других землеройных машин, в связи с чем их импорт стал быстро сокращаться и вскоре совсем прекратился. На строительные объекты и горные разработки пошли машины, изготовленные на УЗТМ, Ковровском, Николаевском и на других заводах. В результате к началу 1941 г. было выпущено 2500 экскаваторов (разных типов), 4000 скреперов, 2000 грейдеров и т.д.

Во время Великой Отечественной войны все заводы работали только для фронта. Перестройка промышленности на мирное строительство, начавшаяся в 1944 г., вернула к прежнему производству многие заводы, выпускавшие военную технику. В дальнейшем эти предприятия подверглись значительной реконструкции. Для восстановления разрушенного в годы войны необходимо было большое количество строительной техники, что требовало не только количественного увеличения выпуска строительных машин (табл. 1.1), но и их совершенствование, а также повышение эффективности.

Таблица 1.1

Выпуск строительных машин некоторых видов по годам (шт.)*

Года	1932	1940	1946	1950	1960	1970	1975	1977	1978
Экскаваторы	85	274	75	3540	12700	30979	39000	36869	41282
Бульдозеры	42	118	69	3788	11750	33131	51200	52161	44750
Скреперы	609	210	35	2089	3110	9334	13500	10922	12000
Автогрейдеры					3350	4580	6600	6814	6800
Прицепные грейдеры		316	—	695	1165	6670	—	—	—
Моторные катки		69	—	273	310	4250	—	—	—
Асфальтобетонные установки				160	324	670	—	—	—
Бетоносмесители	1104	1584	—	1600	10600	12460	—	—	—
Краны самоходные:									
автомобильные		—	116	—	—	14471	17835	16860	19250
гусеничные		—	—	—	—	820	515	67	590
пневмоколесные		—	—	—	—	1963	2450	1168	2584
башенные		—	—	—	—	2150	3950	3283	3900

* Прочерк означает отсутствие данных, а свободное место – отсутствие выпуска машин

В предвоенные годы были спроектированы и изготовлены первые советские строительные краны, в том числе и башенные, но их массовое

производство началось в послевоенные годы. Начался массовый выпуск грузовых автомобилей, значительное количество которых использовалось в строительстве как для транспортных работ, так и в качестве базы для строительных машин. За короткие сроки в стране выросли многие новые предприятия, что создало гораздо более мощную базу для выпуска строительных и дорожных машин и резко повысило их производство по сравнению с довоенным периодом. С 60-х годов почти весь огромный объем земляных работ выполняется с помощью машин.

Только в 1964 г. было организовано серийное производство 40 новых видов машин и оборудования: траншейных цепных экскаваторов ЭТЦ-161 с глубиной копания 1,6 м (на Таллинском экскаваторном заводе), одноковшовых экскаваторов Э-352А с ковшом емкостью 0,4 м³ на уширенном и удлиненном гусеничном ходу, скреперов Д-523 с ковшом емкостью 10 м³ и гидравлическим управлением для работы с трактором мощностью 140 л.с. (на Брянском заводе дорожных машин), скреперов Д-498А емкостью ковша 6...8 м³ с гидравлической системой управления и других машин. Создан промышленный образец землеройно-фрезерной машины ЗФМ-3000 с фрезой диаметром 2,5 м. Она весла всего 92 т, т.е. вдвое меньше пятикубового одноковшового экскаватора. Обладая производительностью 3000 м³/ч, эта машина может заменить 6...7 экскаваторов ЭКГ-4 с ковшами емкостью 5 м³.

К началу 80-х гг. XX в. выпуск строительных машин в СССР по годам и количественный рост их парка стабилизировался (табл. 1.2). В 1980 г. предприятия Минстройдормаша выпустили более 37 тыс. экскаваторов, 46 тыс. бульдозеров, около 10 тыс. скреперов. Качество и параметры современных машин для земляных работ несравнимы с машинами 1940-х годов. На стройках появились новые более производительные машины: универсальные гидравлические одноковшовые экскаваторы, многоковшовые экскаваторы для разработки траншей в мерзлых грунтах, скреперы с ковшом 15 м³, новые типы бульдозеров и рыхлителей и т.п.

Таблица 1.2

Состав парка основных строительных машин (в тыс. штук)

Года	Экскаваторы	Бульдозеры	Скреперы	Передвижные краны
1940	2,1	0,8	1,1	1,1
1950	5,9	3,0	3,0	5,6
1955	17,5	16,1	9,3	28,9
1960	36,8	40,5	12,2	55,0
1964	63,28	62	18,6	77,72
1965	69,2	68,5	20,1	83,3
1966	75,4	74,0	21,5	90,0
1967	81,0	79,1	22,7	96,6
1968	86,7	87,0	24,3	103,4
1969	96,0	93,0	25,9	110,8
1970	103,3	101,7	29,2	118,8
1971	110,4	109,3	31,2	127,8
1976	148,4	153,0	43,5	184,9
1980	~180	~180	~50	>200

В производстве строительной техники были достигнуты высокие количественные показатели, относительно низкая себестоимость и достаточно удовлетворительная ремонтпригодность, но машины имели невысокие экономические и неудовлетворительные эргономические, экологические и эстетические характеристики. Государственная монополия и массовое серийное производство машин сдерживали совершенствование машин и выпуск более мощных и производительных машин. Конкретными причинами, мешающими развитию конструкций машин, были высокие плановые задания и сложность перестройки конвейерных линий на машиностроительных заводах.

Как правило, предельно сжатые сроки проектирования новой техники не позволяли согласовывать между собой проекты различных машин, а также конструкции уже выпускаемых машин, что даже при разработке проектов машин высокого технического уровня приводило к огромному количеству типоразмеров конструктивных элементов и узлов машин, исключавшему их взаимозаменяемость. Так, например, в начале 80-х гг. в нашей стране выпускались дизельные двигатели, имеющие 70 типоразмеров пар «поршень – цилиндр»; не было даже двух марок отечественных автомобилей с одинаковыми болтами для крепления колес, а сельскохозяйственные машины имели 200 типоразмеров колес.

В результате возникла острейшая проблема – нехватка запчастей и, соответственно, неэффективное использование строительной техники. Из-за этого в начале 80-х гг. при двухсменной работе коэффициент сменности строительных машин составлял ~ 0,6, тогда как страны с рыночной экономикой уже с 50-х гг. начали выпускать машины, входящие в типоразмерные ряды, что позволяло уменьшить потребность в запчастях в 5...6 раз и снимало эту проблему.

Развитие отечественного парка строительных машин уже в начале 50-х гг. позволяло расширить их номенклатуру. Были выпущены первые шагающие экскаваторы с емкостью ковша 14 м^3 – уникальные для того времени машины, позволившие существенно ускорить строительство Волго-Донского канала. Появилась возможность перейти к разработке типоразмерных рядов машин и производству по заказу, а также к массовому выпуску механизированного инструмента, но монополизм госпредприятий тормозил этот процесс. Производство крупных машин было единичным, но они были уникальными.

В 1958 г. на Уральском заводе тяжелого машиностроения (УЗТМ) изготовлен шагающий драглайн с ковшом емкостью 25 м^3 и стрелой 100 м., в 1965 г. на Новокраматорском машиностроительном заводе (НКМЗ) – прямая лопата с ковшом 35 м^3 для крепких грунтов, в 1975 УЗТМ закончил изготовление шагающего драглайна с ковшом емкостью 100 м^3 и стрелой 100 м. Эти машины предназначались для разработки открытых месторождений.

Недостаточность выпуска механизированного инструмента, его качество и бесхозяйственное отношение к нему (при выпуске в начале 80-х гг. ~ 1 млн. штук в год столько же ежегодно и списывалось) привели к тому, что в начале 80-х гг. на одного рабочего у нас приходилось 0,2 кВт мощности, тогда как в ФРГ – 1 кВт, а в США – 5 кВт. Не разрабатывалось и не выпускалось

специализированное оборудование для капитального ремонта и реконструкции зданий, за исключением башенных кранов типа КБР, спроектированных и выпускаемых Ленинградским механическим заводом УКР (начало 80-х гг.), которые возможно монтировать во дворах-колодцах.

Результатом такой технической политики было то, что при уровне комплексной механизации строительных работ, превышающем 90%, 70...80% строительных рабочих были заняты на ручных операциях. Так, в 1980 г. из 9,8 млн. строительных рабочих 5 млн. выполняли ручные операции, а еще 2,4 млн. – вспомогательные.

Администрирование в определении технической политики не способствовало развитию творчества и тормозило внедрение прогрессивных технических разработок. И все-таки, вопреки этим условиям, наши инженеры создавали новые эффективные технические решения, часто опережающие мировой уровень, но они, как правило, не внедрялись. Только некоторые из них имели внедрение в виде опытно-промышленных образцов. Традиционно при разработке серийных машин человек, по сути, рассматривался как приставка к машине, а на условия его труда и на то, как воздействует строительная техника на окружающую среду, не обращалось достаточного внимания. Главными факторами считались только функциональное назначение машины, и ее эксплуатационная производительность.

Необходимо было как увеличение мощностей машин, так и увеличение выпуска средств малой механизации с повышением их эффективности, качества, надежности, унификации узлов и деталей. Необходим переход к выпуску типоразмерных рядов машин. Вновь создаваемые машины должны быть более экологичными и эргономичными, т.е. более гуманными. Лауреат Нобелевской премии Пригожин И.Р. считает, что гуманность должна пронизывать все науки, т.е. каждая из них должна иметь мерой человека.

Развитие промышленности и острая потребность в жилье требовали постоянного увеличения объемов и темпов строительства, что вместе с ростом парка строительных машин, особенно подъемных кранов, привело к коренной перестройке строительства, начавшейся в 50-е гг., и к изменению: 1) строительных материалов; 2) конструктивных элементов; 3) технологий строительных работ и строительной техники. Основным строительным материалом становится железобетон. Конструктивные элементы укрупняются от кирпича и блока до крупных панелей и объемных элементов. Строительство становится индустриальным; большинство стройплощадок превращаются в монтажные площадки. Заводское производство сборных ЖБК становится неотъемлемой частью строительства.

Применение бетона имеет давнюю историю; он обнаружен в раскопках на территории Месопотамии и Древнего Рима. Высокие надежность, долговечность, стойкость к воздействию высоких температур и агрессивных сред, технологичность дали применению железобетонных конструкций вторую жизнь в конце XIX в., когда уровень развития технологий и строительной техники сделали эффективным их массовое применение. В России широко применять бетон и железобетон начали в 80-е годы XIX в. Возводились

монолитные здания, портовые сооружения, мосты. Несмотря на примитивную технику и высокую трудоемкость, уровень организации работ по возведению ЖБК был достаточно высок, что обеспечивало сжатые сроки строительства. Например, в начале XX века в с. Теткино шестизэтажная мельница из монолитного железобетона была построена за 6 недель, а монолитный железобетонный мост в Чернигове длиной 248 м сооружен за 2 месяца. В это время на 1 м³ бетона расходовалось более 150 кг арматурной стали (~ 10% проката) и более 0,7 м³ леса (на опалубки).

До начала 50-х гг. основной объем железобетонных конструкций (ЖБК) составляли монолитные, а сборные изготавливались в малых объемах на стройдворах у мест монтажа, на полигонах или на малочисленных заводах. Производство строительных кранов только начиналось, что также ограничивало применение сборных ЖБК.

В течение 1954...1965 гг. в нашей стране было построено более 4 тыс. предприятий сборных ЖБИ и ЖБК, ДСК, КЖИ. К 1965 г. их стало 4628 и работало на них 566 тыс. рабочих. Если в 1950 г. из общего объема бетона и железобетона 16,4 млн. м³ на сборный приходилось 1,3 млн. м³, то в 1954 г. объем сборных ЖБК составил 3 млн. м³, монолитных – 22 млн. м³. С этого года начинается бурный рост объемов выпуска сборных ЖБК. В 1958 г. выпущено 18 млн. м³ сборных ЖБК, в 1960 г. – 32 млн. м³, в 1965 г. – 55 млн. м³ (монолитных – 36,5), в 1970 г. – 90 млн. м³ (монолитных – 37), в 1975 г. – 114 млн. м³ (монолитных – 70,5), в 1980 г. – 121 млн. м³, в 1985 г. – 135 млн. м³, в 1987 г. – 148 млн. м³ (монолитных – 112). С началом перестройки и, особенно, ускоренной приватизации рост выпуска сборных ЖБК сократился, а затем многие предприятия пришли в упадок. В настоящее время выпуск сборного железобетона снова возрастает, т.к. монтаж зданий и сооружений более производителен по сравнению с возведением монолитных конструкций.

Одной из прогрессивных форм явилась система домостроительных комбинатов (ДСК), зародившаяся в Ленинграде и нашедшая признание не только в СССР, но и во многих зарубежных странах; например, датская фирма «Ларсен-Нильсен» имела свои ДСК в ряде стран Европы. ДСК имеет предприятие для производства ЖБК и выполняет строительные работы по возведению жилых или гражданских зданий.

Динамика роста выпуска сборных ЖБК в СССР отражает не только потребность в них, но и характеризует волевые методы административно-командной системы. Так, в 1970 г. был запланирован выпуск 120 млн. м³ сборных ЖБК, что превышало возможности заводов, при этом в приказном порядке закрывались кирпичные заводы. В 50-е гг. на 1 м³ железобетона расходовалось ~ 100 кг арматуры, с середины 60-х до конца 70-х гг. ~ 90 кг (более 10% проката), а с середины 80-х гг. ~ 55 кг (~ 12% стального проката). Повышение прочности арматурной стали потребовало совершенствования машин для арматурных работ.

Уже к концу 60-х гг. объемы строительства достигли таких масштабов, при которых экстенсивные методы исчерпали себя, но потребовалось около 20 лет на то, чтобы была объявлена программа «Интенсификация – 90»,

превратившаяся в очередную кампанию. Так, например, решение о повышении эффективности предприятий за счет их реконструкции с целью уменьшения объемов нового промышленного строительства привело к обратному. В 1987 г. было заложено (и не построено) 3700, а за 8 месяцев 1988 г. – еще 3200 новых предприятий ради получения средств на капитальное строительство. Затраты на них способствовали развалу действующей промышленности.

В разделе «Строительство» программы «Интенсификация–90» было намечено выполнение заданий по четырем направлениям: 1) автоматизация управления производством на основе создания АСУ ТП в промышленности строительных материалов; 2) механизация, автоматизация и роботизация строительного производства; 3) автоматизация процессов проектирования; 4) создание и развитие автоматизированных систем организационно-экономического управления.

Пункты 1 и 4 можно прокомментировать словами одного из 3-х учителей «японского экономического чуда» крупного американского специалиста по менеджменту П. Друкера, считавшего, что компьютеризованная система «вовсе не обязательно требует сложной техники; главное – кому, когда и какая нужна информация». «Преимущество этой системы достигается лишь при взаимопонимании, взаимодоверии и взаимоуважении. Необходим общий язык в отличие от традиционной организации, где достаточно только материального стимулирования. Если в учреждении, отдельные звенья которого не связывает ничего кроме материальной заинтересованности, внедрить информационные системы, оно рухнет подобно Вавилонской башне. Если нет даже связи, основанной на материальной заинтересованности, то это приводит к порче дорогостоящего оборудования, вынужденного ждать своего часа под открытым небом». Реализация п. 2 возможна на основе фундаментального подхода при совершенствовании технологических процессов и оборудования, а п. 3 – при внедрении «открытой» методологии.

Сложилось мнение, что основой интенсификации должны стать роботизация и внедрение гибких автоматических линий. Это важно, но не должно быть самоцелью, как, например, в цехе закладных частей Парнасского производства ПСМО ДСК-2 в Ленинграде, где вместо внедренного по программе «Интенсификация – 90» робота для подачи стальных пластин под пресс, достаточно было бы иметь направляющие с толкателем, подвижным упором и конечным выключателем, управляющим работой прессы. Для эффективной роботизации этой операции изготовления закладных частей необходимо было изменить конструкцию закладных частей и технологию их изготовления (штамповка и изменение вида сварки), а не подбирать серийный робот-манипулятор с большим количеством степеней свободы.

Развитие конструкций машин для заводского изготовления ЖБК привело к совершенствованию аналогичного оборудования для монолитного строительства и увеличению темпов его развития.

Строительный комплекс в последнее время существенно изменил технологию возведения жилых домов. Доля крупнопанельного домостроения в настоящее время составляет 15% от общего объема. В основном сооружаются

кирпично-монолитные, кирпичные и монолитные здания. Но даже при возведении кирпичных зданий необходимы железобетонные сваи, фундаменты, перекрытия, лестничные марши, балконные плиты и пр. Несмотря на то, что в настоящее время многие заводы сборных ЖБК прекратили свое существование или превратились в бетоносмесительные заводы, железобетон является и остается на обозримое будущее основным строительным материалом.

Эти изменения в конструкциях зданий и технологии их возведения выдвинули новые требования к ведущим машинам на строительных объектах – к башенным кранам. Рост этажности новых зданий требует повышения скорости подъема груза башенными кранами.

Рассмотрим эти изменения на примере Санкт-Петербурга, где в 2004 г. ввели в эксплуатацию 2031972 м² жилой площади, а в 2005 г. – 2270000 м². Последний раз такой масштабный объем был достигнут Главленинградстроем в 1978 г.; тогда было сдано 2311000 м² жилья, из которого 70% были панельные жилые здания.

К 2005 г. парк башенных кранов Санкт-Петербурга составлял почти 600 единиц, тогда как в 1985 г. этот парк был около 1600 единиц, не считая кранов-погрузчиков – модификаций строительных башенных кранов. Рынок аренды поделен в основном между четырьмя УМ, и небольшую долю составляет парк «Северной высоты», состоящий из новых зарубежных кранов.

Основным башенным краном, строящим жилье в городе с 1974 года, был и остается КБ-503 и его модификации (Механический завод, СПб). Кран по своим параметрам опередил время и в течение 30 лет является ведущей машиной не только в Санкт-Петербурге, но и в Москве, Екатеринбурге, Челябинске, Харькове, Киеве, Минске – там, где возводятся дома до 16 этажей, при этом требуется грузоподъемность до 10 т и скорость подъема до 100 м/мин. Требования меняются. Если раньше 16 этажей было нормой, а здания выше (20...25 этажей) были единичными, то теперь норма 20 этажей и более, а компания ЛЭК намечает строительство 40-этажных зданий. В Санкт-Петербурге сейчас работают новые б/краны иностранных компаний «Liebherr», «Raimondi», «Potain», «Zappelin», а краны отечественного производства выработали срок службы до 25%. В УМ-1 закупают краны КБ-581 с высотой подъема груза 170 м. и готовы обеспечить высоту подъема груза до 259 м (70 этажей). Эти краны выпускаются с 2005 г. ОАО «Механический завод» (СПб, предприятие группы КОНРАД).

Развал СССР и ускоренная приватизация привели к тому, что многие машиностроительные предприятия, выпускающие строительные и подъемно-транспортные машины, прекратили свое существование. Большинство строительных организаций предпочитают приобретать зарубежную технику. Но ряд заводов возрождается, появляются новые предприятия, выпускающие конкурентоспособные строительные и подъемно-транспортные машины.

1.2. Основные показатели механизации строительства

При разработке проектов строительного производства необходимо учитывать такие показатели как: уровень комплексной механизации ($Y_{\text{км}}$), механовооруженность (M), энерговооруженность (Ξ).

Уровень комплексной механизации отражает использование машинных комплексов (табл. 1.3):

$$Y_{\text{км}} = \frac{Q_{\text{км}}}{Q} 100\%,$$

где Q – объем работ в натуральном выражении.

Таблица 1.3

Рост уровня комплексной механизации в СССР ($Y_{\text{км}}$)

Виды работ	1950	1960	1970
Земляные	63	90,3	98
Строительно-монтажные	73	86,6	95,8
Приготовление бетонных смесей	55,3	79	96,5
Погрузо-разгрузочные	50,5	78	92,5
Строительство дорог	–	75	92,5

Механовооруженность характеризует парк строительных машин:

$$M = \frac{C}{O} 100\%,$$

где C – стоимость строительных машин без транспортных средств; O – годовой объем строительно-монтажных работ в руб.

В СССР в 1950 г. механовооруженность была $\sim 10\%$, а в 1964 г. $\sim 13,4\%$. Высокое значение M повышает стоимость строительства.

Энерговооруженность (Ξ) – отношение мощности двигателей (D) всех машин к среднесписочному числу рабочих (P):

$$\Xi = \frac{D}{P}, \text{ (кВт или л.с.)}.$$

Основным технико-эксплуатационным показателем строительных машин является их производительность, определяемая количеством продукции или перемещенного груза, выраженной в определенных единицах измерения (t , m^3 , m^2 , m длины и т.д.), которую машина вырабатывает (перерабатывает) или перемещает за единицу времени – час, смену, месяц или год. Различают три категории производительности машин: конструктивную, техническую и эксплуатационную.

Конструктивная производительность Π_k – максимально возможная производительность машины, полученная за 1 ч непрерывной при расчетных условиях работы, скоростях рабочих движений, нагрузках на рабочий орган с учетом конструктивных свойств машины и высокой квалификации машиниста.

Для машин периодического действия

$$\Pi_k = qn \text{ или } \Pi_k = qnr,$$

где q – расчетное количество материала, вырабатываемого машиной за один цикл работы, m^3 или t ; n – расчетное число циклов работы машины в час, $n = 3600/T_{\text{ц}}$; $T_{\text{ц}}$ – расчетная продолжительность цикла, с; ρ – плотность материала, t/m^3 .

Для машин непрерывного действия при перемещении насыпных материалов сплошным непрерывным потоком

$$\Pi_k = 3600Av \quad \text{или} \quad \Pi_k = 3600Av_p,$$

где A – расчетная площадь поперечного сечения потока материала, неизменная на всем пути перемещения, м^2 , v – расчетная скорость движения потока; м/с .

При перемещении штучных грузов и материалов отдельными порциями

$$\Pi_k = \frac{3600mv}{l} \quad \text{или} \quad \Pi_k = \frac{3600q_p v_p}{l},$$

где m – масса груза, т ; q_p – количество (объем) материала в одной порции, м^3 ; l – среднее расстояние между центрами грузов (порций), м .

При расчете конструктивной производительности не учитываются условия производства работ и перерывы (простои) в работе машины – технологические (связанные с технологией производства работ), организационные (связанные с организацией работ), по метеорологическим условиям и случайные.

Конструктивную производительность используют в основном для предварительного сравнения вариантов проектируемых машин, предназначенных для выполнения одного и того же технологического процесса. Эта производительность является исходной для расчета производительности машин в реальных условиях эксплуатации.

Техническая производительность Π_T – максимально возможная производительность машины данного типа, которая может быть достигнута в конкретных производственных условиях с учетом конструктивных свойств и технического состояния машины, высокой квалификации машиниста и совершенной организации выполняемого машиной технологического процесса за 1 час непрерывной работы

$$\Pi_T = \Pi_k K_y,$$

где K_y – коэффициент, учитывающий конкретные условия работы машины.

Так, конкретными условиями работы одноковшовых экскаваторов являются категория разрабатываемого грунта, высота (глубина) забоя, требуемый угол поворота рабочего оборудования в плане, условия разгрузки ковша (в отвал или в транспортные средства). Часовая техническая производительность указывается в технической документации машины – паспорте, инструкции по технической эксплуатации.

Эксплуатационная производительность определяется реальными условиями использования машины с учетом неизбежных перерывов в ее работе, квалификации машиниста и может быть часовой, сменной, месячной и годовой.

Часовая эксплуатационная производительность

$$\Pi_{\text{э.ч}} = \Pi_T K_{\text{в.см}} K_M,$$

где $K_{\text{в.см}}$ – коэффициент использования машины по времени в течение смены, учитывающий перерывы на техническое обслуживание и ремонт машины, смену рабочего оборудования, передвижку машины по территории объекта, потери времени по метеорологическим условиям, отдых машиниста и др.; $K_M = 0.85 \dots 0.95$ – коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста и качество управления.

$$K_{в.см} = \frac{(T_{см} - \sum t_{п})}{T_{см}},$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, (ч); $\sum t_{п}$ – суммарное время перерывов в работе машины за смену, (ч).

Сменная эксплуатационная производительность:

$$\Pi_{э.см} = T_{см} \cdot \Pi_{э.ч}.$$

При расчете месячной и годовой производительности учитываются простои в работе машины за соответствующий период времени.

Годовая эксплуатационная производительность:

$$\Pi_{э.год} = 365 \Pi_{э.см} \cdot K_{в.год} \cdot K_{см},$$

где $K_{в.год}$ – коэффициент использования машины по времени в течение года; $K_{см}$ – коэффициент сменности.

$$K_{в.год} = \frac{T_{год}}{365} = \frac{(365 - t_{в} - t_{рем} - t_{пр})}{365},$$

где $T_{год}$ – количество дней работы машины в году; $t_{в}$ – количество выходных и праздничных дней; $t_{рем}$ – количество дней, необходимое для выполнения текущего, среднего и капитального ремонтов; $t_{пр}$ – продолжительность простоев организационных и по метеорологическим причинам.

Годовая эксплуатационная производительность является нормой выработки, закладываемой в планах строительных организаций. Эксплуатационная производительность является главным рабочим параметром, по которому подбирают комплекты машин для комплексной механизации технологически связанных процессов в строительстве. В комплект машин входят согласованно работающие: основная (ведущая – выполняющая наиболее трудоемкие операции) и вспомогательные машины, взаимно увязанные по производительности. Эксплуатационная производительность основной машины $\Pi_{э.о}$ должна быть равной или несколько меньшей (на 10...15%) эксплуатационной производительности вспомогательных машин $\Pi_{э.в}$. Поскольку условия работы машины случайны, эксплуатационная производительность является тоже случайной величиной. Если известны вероятности появления различных условий работ, то можно вычислить математическое ожидание эксплуатационной производительности. Обычно этот параметр рассчитывают по ранее полученным фактическим данным с необходимой корректировкой на изменившиеся условия работ.

Повысить эксплуатационную производительность машины можно двумя путями: организационными мероприятиями, уменьшающими потери рабочего времени, и конструктивными решениями, улучшающими технологический процесс. К конструктивным решениям относят улучшение приспособленности машины к конкретным условиям за счет использования сменного рабочего оборудования, специальных конструкций узлов, микроклимата кабины и т.п. Рациональная конструкция машины позволяет улучшить технологию работ, снизить энергоемкость рабочих процессов, облегчить труд операторов и вспомогательных рабочих. Например, если конструкция автогрейдера

допускает разворот отвала на 180° , то исключаются технологические перерывы на возвращение машины задним ходом к месту начала работ.

Производительность машин в значительной степени зависит от их технических показателей, которые характеризуют конструкцию машин. Важными параметрами являются мощность машины, размер ее рабочего органа, например, вместимость ковша экскаватора, длины отвала бульдозера, рабочие скорости.

Мощность установленных на машине двигателей в значительной степени определяет её производственные возможности. Удельная мощность на единицу массы или размера рабочего органа достаточно четко характеризует техническую производительность машины.

Среднегодовая потребность в машинах (M) для выполнения заданного объема определенного вида работ

$$M = \frac{Q_{\text{общ}} Y}{100 P_{\text{э.год}}},$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общий объем соответствующего вида работ (в физических измерениях), подлежащий выполнению в течение года; Y – доля (в %) объема работ, выполняемая машинами данного вида, в общем объеме работ соответствующего вида.

1.3. Требования, предъявляемые к строительным машинам и их эксплуатации

В условиях рыночных отношений сложились следующие варианты механизации строительных работ: 1) строительная организация имеет собственную технику и базу для ее технического обслуживания и ремонта; 2) строительная фирма берет в аренду технику вместе с машинистами; 3) крупное специализированное управление механизации выполняет подрядные строительные работы.

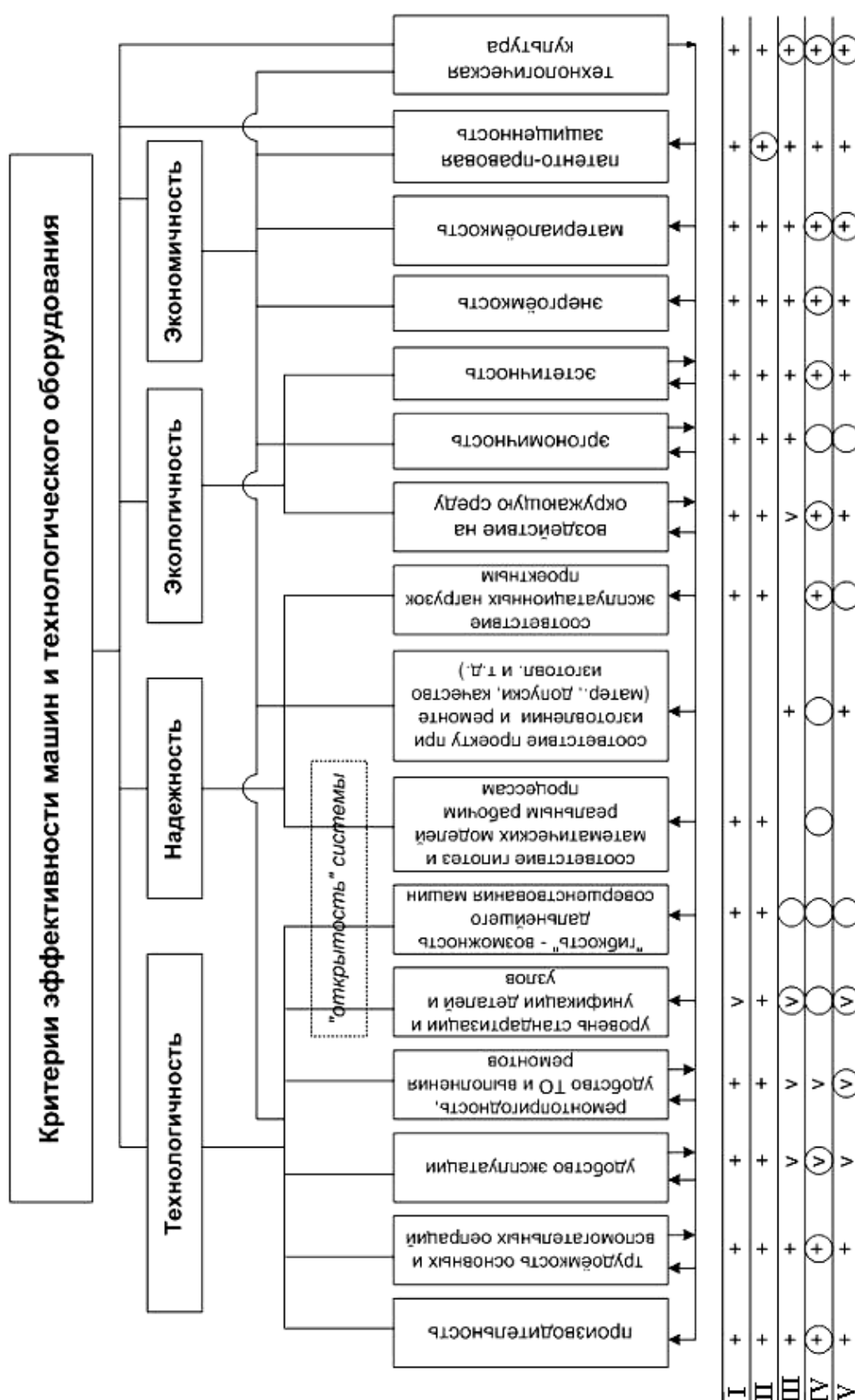


Рис. 1.1. Система критериев эффективности машин и технологического оборудования и зависимость эффективности от уровней профессионализма и культуры исполнителей на каждом этапе жизненного цикла машины
 (этапы: I - научные исследования; II - инженерные разработки и проектирование; III - изготовление; IV - эксплуатация; V - эксплуатация; взаимосвязи критериев: + - зависит от критерия; V - зависит слабо; ○ - критерий влияет на эффективность работы)

Рациональная эксплуатация строительных машин предусматривает их полное использование с минимальным числом простоев. Простои машин бывают двух видов: 1) вызванные техобслуживанием и ремонтом машин, 2) возникшие из-за нерациональной организации строительных работ, а также из-за несвоевременного снабжения машин горючим и т.п. Для того чтобы от

механизированных строительных работ добиться желаемых результатов и требуемого производственного эффекта, необходимо, чтобы вся организация работ была бы самым серьезным образом продумана с детальным изучением конструкции машин и рациональных методов их эксплуатации.

Выбор наиболее эффективных строительных машин, а также составление задания на создание специализированной новой машины определяются критериями эффективности машин, обобщенными на рис.1.1 в виде системы, которую необходимо рассмотреть целостно и проанализировать технические характеристики выбираемой машины с позиции каждого критерия. Все представленные на схеме критерии взаимосвязаны и, даже рассматривая каждый из них отдельно, нужно учитывать влияние на него других критериев.

Приведенные на схеме четыре группы критериев раскрыты очень обобщенно. Например, теоретическая, техническая и эксплуатационная производительности существенно различаются. Под вспомогательными процессами подразумевается не только подготовка к работе и настройка машины, но и, при необходимости, ее транспортировка. Удобство эксплуатации зависит от многих факторов, как и все остальные критерии.

Такой экологический критерий, как воздействие на окружающую среду включает: 1) наличие выбросов, отходов и брака в производстве; 2) отрицательное воздействие физических полей: вибрационных, электромагнитных, акустических и др.; 3) наличие в перерабатываемом материале вредных веществ (канцерогенных, ядовитых и т.п.). Все это вредно воздействует на здоровье людей.

Факторы, влияющие на экономичность производства, условно могут быть разделены на две большие группы, взаимовлияющие одна на другую: 1) объединяющая преимущественно объективные условия производства; 2) субъективное отношение каждого работника и всего коллектива к производственной деятельности, а также субъективное отношение вышестоящих руководителей и администраторов смежных служб к данному производству. Технологическая культура стоит на стыке объективных и субъективных факторов.

К объективным факторам относятся материально-техническая база, регулярность снабжения сырьем, соответствие заказов, планов и заданий возможностям предприятия, укомплектованность штата, взаимодействие с заказчиками и смежниками, и т.д. Но на все эти условия накладывают отпечаток субъективные отношения каждого исполнителя, отвечающего за результаты работы на своем участке. К субъективным факторам относятся: взаимоотношения в коллективе, стиль руководства и взаимоотношения между руководителями и подчиненными, забота о трудящихся, организация учета и контроля выполненной работы и дисциплины труда, расходования материала и инструмента, хранения готовой продукции и т.д.

Недооценка субъективных факторов приводит, например, к текучести кадров и, соответственно, к авариям строительной техники и несчастным случаям, к снижению производительности, ухудшению качества продукции и авариям зданий и сооружений в процессе их возведения, повышению затрат на

обучение. Из-за этого функциональные обязанности сотрудников четко не установлены, что приводит к неразберихе, дублированию, безответственности, перегрузке одних и прикрытому безделью других. Недооценка субъективных факторов возникает из-за педагогической и психологической безграмотности большинства руководителей.

Интересен, например, и такой критерий как «региональность», но он органически вписывается в другие критерии и поэтому не выделен на схеме (рис. 1.1). Например, в производстве ЖБК или при возведении монолитных железобетонных конструкций он может быть достаточно значимым. Использование местных материалов может повлиять на выбор технологии и машин, а, например, холодный климат предъявляет повышенные требования к толщине стен и материалу, к его теплоизоляционным свойствам, например к характеристикам ЖБК.

Традиционно надежность определяется прочностью, усталостной прочностью, износостойкостью и другими аналогичными факторами. Все эти факторы заложены в проектах машин, поэтому в рассматриваемой схеме критерий «надежность» охватывает три обобщенные подсистемы, отражающие глубинные причины реальной надежности: 1) соответствие изучаемых на этапе научного исследования моделей реальным процессам (I) и корректность их использования при проектировании (II); 2) соответствие проекту при изготовлении и ремонте машины (III, V); 3) соответствие реальных нагрузок в условиях эксплуатации проектным (IV).

Не только надежность, но и все критерии в той или иной степени зависят от уровня и качества выполнения работ на различных этапах «жизненного» цикла машины. В рассматриваемой системе (рис.1.1) принято пять этапов, так как шестой этап – утилизация не подлежащей ремонту машины – уже не имеет отношения к эффективности ее работы (связан только с факторами, не имеющими отношения к строительству, – экологичностью и трудозатратами при утилизации).

Научный этап (I) является определяющим и влияет на все критерии эффективности машин через их проекты (II) и изготовление (III), кроме критерия «соответствие проекту», зависящего от технологической культуры изготовителей и ремонтников. «Несоответствие эксплуатационных нагрузок проектным» может наблюдаться как нарушение технологии, но может иметь место и при нормальной эксплуатации, например, при недостаточной обоснованности математических моделей, используемых в расчете, как это имело место при расчете станка для резки арматурной стали модели С-370. В систему критериев (рис. 1.1) включено только то, что влияет на эффективность и качество машин; остальное является предметами рассмотрения других учебных дисциплин.

Уровень технологической культуры на III, IV, и V этапах оказывает непосредственное влияние на надежность машины и эффективность ее использования. Имеет место и обратное, условия производства и состояние технологического оборудования могут влиять на отношение к труду и уровень технологической культуры, что на I и II этапах может быть скрыто в методах

выполнения научных исследований и проектирования, а также в степени обоснованности математических моделей, принятых при разработке конструкций машин. Техническое обслуживание (IV) постоянно сопутствует производственной эксплуатации (V) и перемежается с ней; чем выше культура их выполнения, тем меньше затрат на ремонты (IV).

В нашей стране, в основном, применялась система планово-предупредительных ремонтов (ППР), характеризующаяся ремонтными циклами, которые определяются временем наработки. Сложность определения реальной наработки, нехватка средств и нарушение технологической дисциплины приводили к увеличению количества внеплановых ремонтов. Но имело место и обратное, когда по плану отправлялись в ремонт машины, не требующие ремонта.

В последнее время все шире начинает внедряться техническая диагностика с обезличенной заменой изношенных и неисправных узлов и деталей новыми или отремонтированными заранее. Диагностические комплексы должны стать основным элементом каждой системы «человек – техника – среда» (СЧТС) и обеспечивать не только требуемые эксплуатационно-технические характеристики машин, но и щадящее их воздействие на здоровье людей и окружающую среду.

Преодоление стереотипов позволяет принципиально по-новому взглянуть на некоторые проблемы. Так, можно существенно повысить надежность гидросистем строительных машин. Традиционный способ – очистка рабочей жидкости, но можно не допускать попадания в нее загрязнений из окружающей среды, герметизировав гидробак с сохранением в нем атмосферного давления. Это уменьшит износ внутренних поверхностей подвижных пар гидросистем и повысит производительность за счет увеличения межремонтных периодов.

Важны требования и к массе машины. Различают конструктивную, рабочую и транспортную массы машины. Рабочая масса равна сумме конструктивной массы и массы полной заправки горюче-смазочных материалов, экипажа и всего того, что необходимо для работы машины. Рабочая масса, технологические нагрузки, параметры строительной площадки, требуемая маневренность машины и несущая способность грунта определяют вид и конструкцию опорно-ходового устройства (рельсовый ход, гусеничный движитель, выносные опоры и т.п.). Транспортная масса обычно равна рабочей массе. В самоходных и прицепных колесных машинах транспортная масса ограничена допустимыми осевыми нагрузками. Для перевозимых машин масса ограничивается грузоподъемностью транспортных средств. При увеличении массы или габаритных транспортных размеров машин сверх допустимых пределов, их для перебазирования приходится разбирать.

Конструктивное совершенство машин характеризуется удельной массой, отнесенной к единице производительности, мощности или размерам рабочего органа. Задачу снижения этой величины можно решить при выполнении таких основных требований: 1) применение рабочих органов рациональной геометрической формы, оптимальных параметров металлоконструкций и оптимальных скоростных режимов, на основе понимания физической сущности

рабочих процессов машин, а также работы механизмов и металлоконструкций; 2) наибольшее соответствие рабочего оборудования машины условиям ее работы, например характеру грунта для землеройных машин; 3) соответствие конструкции машины и ее рабочего оборудования условиям использования – северным, тропическим и т.п.

Машина, специально спроектированная для работы в специфических условиях, более надежна и производительна при эксплуатации в этих условиях, чем любая другая. Кроме того, в ней можно создать более комфортные условия для обслуживающего персонала.

Конструкция машины, ее форма и интерьер кабины управления должны соответствовать требованиям эргономики и производственной эстетики, которые заключаются в основном в обеспечении безопасности труда при эксплуатации машины, легкости и удобстве управления машиной и ее обслуживания, а также автоматизации процессов управления машиной и учета ее работы, если это возможно. Исследования показали, что выполнение эстетических требований повышает производительность.

Требования к выполнению вспомогательных операций – малая трудоемкость, надежность, быстрота, легкость и простота, их выполнения, закладываются при разработке конструкции машины, при этом должны быть гарантированы надежность и качество выполнения основного технологического процесса, а также безопасность работы машины и выполнения вспомогательных операций.

Транспортные требования так же рассматриваются при проектировании машины. Они заключаются в обеспечении минимальных затрат времени и других ресурсов на транспортирование машин. Эти требования наиболее важны для небольших машин, выполняющих рассредоточенные работы. Основным транспортным требованием является высокая мобильность машины – способность машины после окончания работ на одном объекте быстро переместиться на новый объект и за короткое время начать там работу. Машина должна обладать высокой скоростью перемещения и проходимостью. Кроме того, затраты ресурсов на подготовительные и вспомогательные работы при транспортировании машин (монтажно-демонтажные, погрузочно-разгрузочные и др.) должны быть минимальными.

Требуемая транспортная скорость машины не однозначна. В принципе, чем она выше, тем машина лучше. Однако для увеличения ее транспортной скорости требуется применять специальное ходовое оборудование, уменьшать массу машины, увеличивать мощность двигателя. Например, транспортная скорость в 40 км/ч обеспечивается у пневмоколесных машин при удельной мощности 9...12 кВт/т. Для выполнения рабочих операций такая удельная мощность, как правило, не требуется. Поэтому при выполнении основных рабочих операций мощность двигателя недоиспользуется или приходится устанавливать два двигателя – рабочий и транспортный.

Пройодимость машин – это способность их передвижения без принятия каких-либо специальных мер по дорогам и вне дорог; она подразделяется на геометрическую и тяговую. Геометрическая проходимость характеризуется

соответствием показателей машины геометрическим параметрам дорог (ширины пути перемещения, радиусов кривых, величины неровностей и др.). Тяговая проходимость определяется возможностью движения машины, обладающей определенными тяговыми свойствами на конкретных дорогах. Эта возможность может лимитироваться продольным уклоном дороги, несущей способностью ее покрытия, коэффициентом сцепления его с двигателем и другими величинами.

Чрезвычайно важным является такое требование надежности, как безотказность, которая закладывается на стадиях исследования, проектирования, изготовления машины и обеспечивается, например, приборами ограничения грузоподъемности, грузового момента, а также муфтами предельного крутящего момента. Недостаточная надежность частично компенсируется таким качеством, как ремонтпригодность.

Технико-экономические показатели любой машины зависят от ее параметров, определяемых конструкцией машины и от условий эксплуатации, которые могут быть случайными.

Эффективность использования машин зависит от размеров рабочих органов, определяющих их положение в пространстве (например, высота копания грунта экскаватором). С увеличением размеров рабочих органов растут потребляемая мощность и масса машины. Поэтому размеры рабочих органов принимают минимально необходимыми для эффективного выполнения машиной ее назначения.

Кроме рабочих большое значение имеют габаритные размеры, которыми называют максимальные размеры машины по длине, высоте, ширине. Эти размеры определяют возможность перебазирования машин без их разборки.

Большая группа параметров характеризует транспортные качества машин. К этой группе относится база – расстояние между осями крайних ходовых колес, дорожный просвет – расстояние между самой нижней точкой машины и поверхностью дороги и др.

1.4. Экономическое обоснование выбора комплекта машин

В зависимости от организации строительных работ, технологии их выполнения, региона, расстояния доставки строительных материалов, а также от состояния фирм, владеющих строительной техникой, и других факторов стоимость механизации строительных работ может значительно отличаться. На нее влияют экономические отношения, инфляция, изменения цен на технику, запчасти, горюче-смазочные материалы, электроэнергию, уровень оплаты труда, от которого зависит не только материальное благополучие работников, но и их психологическое состояние, отношение к труду и к технике. Возможны непредсказуемые изменения (нестабильность), затрагивающие устойчивость фирмы и нарушающие достигнутый в договорах баланс интересов заказчиков и строительной фирмы, что может привести к потере управляемости. Обязательным условием деятельности строительной фирмы является такой производственный процесс, когда интересы потребителей, производителей и государственных органов сбалансированы. Повышение управляемости

строительной фирмы или управления механизации достигается на основе самоорганизации административно автономных и взаимозависимых участников производства строительных работ.

В данном случае сутью самоорганизации является признание значительной экономической и юридической самостоятельности хозяйствующих субъектов, участвующих в создании строительной продукции, в установлении связей между производителями строительной продукции, потребителями и инвесторами на основе свободного выбора. Аналогичные взаимоотношения должны быть между строительными фирмами и управлениями механизации.

Для облегчения согласования интересов строительных организаций и органов власти первые объединяются в общественные организации, которые являются своего рода доверительным лицом по корректировке правил инвестиционного строительного комплекса. Успешность и эффективность работы таких объединений и входящих в них фирм возможны только при наличии высокого уровня культуры во всех сферах их деятельности: в технологии строительного производства и эксплуатации машин, в организации и управлении производством, в экономической сфере, экологии и т.д. Необходимо взаимопонимание, взаимодоверие и взаимоуважение в трудовых коллективах и между входящими в такие объединения фирмами. Полная управляемость имеет место при достижении равновесия, когда каждый собственник ресурсов получает выгоду от обмена собственных затрат на прогнозируемый результат, а взаимозависимость, правильно осознанная и поддерживаемая всеми участниками такой системы, переходит во взаимодействие на основе принципов самоорганизации.

Стремление к достижению собственного результата без учета интересов других участников снижает управляемость, что может привести к нарушению договорных обязательств и переходу в диапазон кризисной управляемости, вплоть до объявления банкротства.

Важна экономическая диагностика: отслеживание и распознавание нарушений экономических пропорций обмена (объем СМР, финансовый и временной ресурс), своевременное отслеживание положения управляемости фирмы. Это осложняется многообразием реальных ситуаций и взаимодействий.

Один из трех первых учителей “японского экономического чуда”, крупный специалист по менеджменту П. Друкер считал, что людьми не надо «управлять», задача — направлять людей и сделать максимально производительными специфические навыки и знания каждого отдельного работника.

Менеджмент должен быть оперативным и охватывать весь процесс целиком. Он должен ориентироваться на результат и эффективность на всех этапах экономической цепочки, а результат деятельности любой организации существует только за ее пределами, во внешней среде. Для этого необходимо уметь целостно оценивать весь технологический процесс, связывая его с состоянием машин и всего технологического оборудования.

Экономические показатели, зависящие от многих характеристик машин, являются наиболее обобщенными – универсальными. С их помощью можно сравнивать самые разнообразные машины, определять целесообразность и сроки окупаемости новой техники, получать характеристики эффективности использования машин. Использование строительных машин, будет эффективным в тех случаях, когда они выполняют наибольшие объемы работ при наименьших затратах. К экономическим показателям относят стоимость машины, которая в известной мере является функцией ее массы, срок амортизации и др. Наиболее обобщенной экономической характеристикой является себестоимость единицы продукции машины, которая зависит от ее производительности, расходов на заработную плату, на техническое обслуживание и ремонты, эксплуатационные материалы, то есть буквально от всех показателей машины. Обобщенной характеристикой эффективности использования машины следует считать приведенные затраты на единицу продукции. Этот показатель является решающим при выборе машины и варианта ее использования, обоснования экономии, получаемой от внедрения новой машины и других технико-экономических расчетов.

В общем виде приведенные затраты выражают формулой:

$$\Pi_{\text{пр}} = \Pi_{\text{год}} + E_n K, \quad (1.4.1)$$

где $\Pi_{\text{год}}$ – расчетная себестоимость годового объема продукции машины; E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений ($E_n = 0,12$); K – капиталовложения на создание машины.

Эффективная работа машины характеризуется тем, что приведенные затраты имеют минимальное значение. Для этого необходимо, чтобы производительность машин была максимальной. Затраты времени и других ресурсов на перемещение машин между объектами работ должны быть минимальными, а расход энергии, эксплуатационных материалов, инструментов при работе машин, а также затраты времени и других ресурсов на ремонты и технические обслуживания машин – наименьшими. Управление машинами должно быть простым, а количество машинистов – минимальным. При расчете расходов по эксплуатации строительных и дорожных машин рассматривают следующие группы затрат, входящих в себестоимость машино-часа:

$$C_{\text{м.-ч}} = C_{\text{г}} + C_{\text{тек}} + C_{\text{ед}} + C_{\text{н.р}}, \quad (1.4.2)$$

где $C_{\text{г}}$ – годовые затраты; $C_{\text{тек}}$ – текущие затраты; $C_{\text{ед}}$ – единовременные затраты; $C_{\text{н.р}}$ – накладные расходы, (все в рублях).

Годовые затраты учитывают амортизационные отчисления на 1 маш.-ч работы и определяются по формуле:

$$C_{\text{г}} = \frac{A}{N_{\text{пл.н}}}, \quad (1.4.3)$$

где A – годовые амортизационные отчисления на реновацию, отчисления на капитальный ремонт, р.; $N_{\text{пл.н}}$ – планируемая наработка машины за год, маш.-ч.

$$A = \frac{Q_{\text{ц}} \cdot A_{\text{н}}}{100}, \quad (1.4.4)$$

где $Q_{\text{ц}}$ – рыночная цена машины, р.; $A_{\text{н}}$ – нормы амортизационных отчислений, %;

В состав текущих затрат включается: основная заработная плата машиниста; основная заработная плата рабочих, занятых на техническом обслуживании и ремонте машин (кроме капитального); затраты на топливо, смазочные, ремонтные и эксплуатационные материалы и запасные части. Текущие затраты рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{тек}} = C_{\text{з.м}} + C_{\text{р.р}} + C_{\text{р.э.м}} + C_{\text{т}} + C_{\text{см}} + C_{\text{р.ж}} + C_{\text{з.д}} + C_{\text{то.тр}}, \quad (1.4.5)$$

где $C_{\text{з.м}}$ – основная заработная плата машиниста, р., см. формулу (1.4.6); $C_{\text{р.р}}$ – основная заработная плата ремонтных рабочих за 1 час работы, р., см. формулу (1.4.7); $C_{\text{р.э.м}}$ – стоимость ремонтных и эксплуатационных материалов, р., см. формулу (1.4.9); $C_{\text{т}}$ – затраты на топливо для двигателей внутреннего сгорания строительных машин, р/кг, см. формулу (1.4.10); $C_{\text{см}}$ – затраты на смазочные материалы, р. определяются по формуле (1.4.12) или принимаются по рыночным ценам; $C_{\text{р.ж}}$ – затраты на рабочую жидкость для гидросистем машин, р/маш.-ч определяются по формуле (1.4.13) или принимаются по рыночным ценам; $C_{\text{з.д}}$ – затраты на замену быстроизнашивающихся частей, включая оплату труда рабочих, р.; $C_{\text{то.тр}}$ – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт без оплаты труда ремонтных рабочих, р.

$$C_{\text{з.м}} = 1,25 \cdot Z_{\text{т.с.м}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (1.4.6)$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий премии к тарифной ставке машиниста; $Z_{\text{т.с.м}}$ – часовая тарифная ставка машинистов, р./ч; $K_{\text{с}}$ – средний коэффициент к тарифной ставке, учитывающий доплаты ($K_{\text{с}} = 1,11$).

$$C_{\text{р.р}} = 1,2 \cdot T_{\text{то.тр}} \cdot Z_{\text{т.с.р}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (1.4.7)$$

где 1,2 – коэффициент, отражающий средний размер премий ремонтным рабочим, р.; $T_{\text{то.тр}}$ – трудоемкость ТО (техобслуживание) и ТР (текущий ремонт) на 1 час межремонтного цикла, чел.-ч/г, см. формулы (1.4.8); $Z_{\text{т.с.р}}$ – средняя часовая тарифная ставка ремонтных рабочих, р./ч; $K_{\text{с}} = 1,11$, см. формулу (1.4.6).

$$T_{\text{то}} = \frac{t_{\text{то}} \cdot N_{\text{то}}}{T_{\text{ц}}}, \quad T_{\text{тр}} = \frac{t_{\text{тр}} \cdot N_{\text{тр}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (1.4.8)$$

где $t_{\text{то}}$, $t_{\text{тр}}$ – трудоемкость выполнения одного ТО и ТР на 1 час межремонтного цикла, чел.-ч/г; $N_{\text{то}}$, $N_{\text{тр}}$ – количество ТО и ТР за один межремонтный цикл, маш.-ч; $T_{\text{ц}}$ – межремонтный цикл машин, маш.-ч.

$$C_{\text{р.э.м}} = K_{\text{рем}} \cdot C_{\text{р.р}}, \quad (1.4.9)$$

где $K_{\text{рем}}$ – коэффициент перехода от заработной платы ремонтным рабочим к затратам на ремонтные, эксплуатационные материалы и запасные части ($K_{\text{рем}} = 0,19 \dots 0,22$).

$$C_{\text{т}} = \Pi_{\text{т}} \cdot Q_{\text{т}}, \quad (1.4.10)$$

где $\Pi_{\text{т}}$ – стоимость топлива, р./кг; $Q_{\text{т}}$ – часовой расход топлива на 1 маш.-ч работы машины, кг/маш.-ч.

$$Q_{\text{т}} = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot N_{\text{г}} \cdot g_{\text{у}} \cdot K_{\text{N}} \cdot K_{\text{д.в}} \cdot K_{\text{д.м}}, \quad (1.4.11)$$

где $N_{\text{г}}$ – номинальная мощность двигателя, л. с.; $g_{\text{у}}$ – удельный расход топлива при номинальной мощности, г / л. с.-ч; K_{N} – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива с учетом использования двигателя по мощности; $K_{\text{д.в}}$ – коэффициент использования двигателя по времени; $K_{\text{д.м}}$ – коэффициент использования двигателя по мощности.

$$C_{\text{см}} = K_{\text{см}} \cdot C_{\text{т}}, \quad (1.4.12)$$

где $K_{\text{см}}$ – коэффициент перехода от затрат на топливо к затратам на смазочные материалы ($K_{\text{см}} = 0,19 \dots 0,35$).

$$C_{p.ж} = \frac{V_{\Gamma} \cdot \gamma_{\text{м}} \cdot \Pi_{\text{м}} \cdot K_g}{t_{\text{м}}}, \quad (1.4.13)$$

где V_{Γ} – емкость гидросистемы машины, м^3 ; $\gamma_{\text{м}}$ – объемная масса рабочей жидкости для гидросистемы, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\Pi_{\text{м}}$ – оптовая цена рабочей жидкости, $\text{р.}/\text{кг}$; K_g – коэффициент доливок рабочей жидкости в гидросистему ($K_g = 1,15$); $t_{\text{м}}$ – периодичность смены рабочей жидкости в гидросистеме машины, маш.-ч ($t_{\text{м}} = 3000$).

Единовременные затраты на 1 маш.-ч работы машины (р./маш.-ч) в общем виде определяются по формуле:

$$C_{\text{ед}} = \frac{C_{\text{п.х}} + C_{\text{м.дм}} + C_{\text{п.р}}}{T_{\text{о.ч}}}, \quad (1.4.14)$$

где $C_{\text{п.х}}$ – затраты на перебазировку машины, р. (перебазировка своим ходом, на прицепах-тяжеловозах и для пневмоколесных машин на прицепе автотягача); $C_{\text{м.дм}}$ – стоимость монтажа, демонтажа машин, р.; $C_{\text{п.р}}$ – стоимость погрузки и разгрузки машины, включая подготовительные работы, р.; $T_{\text{о.ч}}$ – общее число работы машины на определенном объекте, маш.-ч.

Если при перебазировке не нужны погрузка и разгрузка, монтаж и демонтаж (движение своим ходом), то в формуле последние слагаемые не учитываются. Затраты на перебазировку машин своим ходом определяются по формуле:

$$C_{\text{п.х}} = (C_{\Gamma} + C_{\text{т}}) \cdot t_{\text{п}}, \quad (1.4.15)$$

где $t_{\text{п}}$ – время перемещения машины своим ходом, ч.

$$t_{\text{п}} = S/v, \quad (1.4.16)$$

где S – расстояние при перемещении машины своим ходом, км; v – средняя скорость движения машины, км/ч.

Затраты ($C_{\text{п.п}}$) на перебазировку машины на прицепе-тяжеловозе, или на буксире, или в кузове автомашины определяются по формуле

$$C_{\text{п.п}} = C_{\text{з.э.м}} + S_{\text{э.м.т}}, \quad (1.4.17)$$

где $C_{\text{з.э.м}}$ – заработная плата экипажа машины (трейлера) или водителя машины, р; определяется по формуле (1.4.18); $S_{\text{э.м.т}}$ – стоимость эксплуатации машины или тягача, р; определяется по формуле (1.4.20).

$$C_{\text{з.э.м}} = (t_{\text{п.м}} + t_{\text{п.о}}) \cdot (S_{\text{ч.т.с}}^{\text{в}} + S_{\text{ч.т.с}}^{\text{т}}), \quad (1.4.18)$$

где $t_{\text{п.м}}$ – время на перевозку строительной машины, ч.; $t_{\text{п.о}}$ – время на погрузку и разгрузку или монтаж, демонтаж и ожидание автотранспорта, ч.; $S_{\text{ч.т.с}}^{\text{в}}$ – часовая тарифная ставка водителя машины, р/ч; $S_{\text{ч.т.с}}^{\text{т}}$ – часовая тарифная ставка такелажника р/ч.

$$t_{\text{п.м}} = \frac{2 \cdot L}{v_{\text{т}}}, \quad (1.4.19)$$

где L – расстояние, на которое перевозится строительная машина, км; $v_{\text{т}}$ – средняя скорость движения тягача, км/ч.

$$S_{\text{э.т.м}} = [1,13 \cdot (t_{\text{п.м}} + t_{\text{п.о}}) \cdot C_{\text{м.-ч.э}} + 2L \cdot C_{\text{д.п}}] \cdot K_{\text{д.п}} + T_{\text{в.к}} \cdot C_{\text{в.к}}, \quad (1.4.20)$$

где $C_{\text{м.-ч.э}}$ – стоимость 1 маш.-ч эксплуатации грузовых автомобилей, р.; $C_{\text{д.п}}$ – величина доплаты за пробег, р.; $K_{\text{д.п}}$ – коэффициент увеличения стоимости 1 авточаса при использовании специализированного автомобиля или прицепа ($K_{\text{д.п}} = 1,15$); $T_{\text{в.к}}$ –

продолжительность работы вспомогательного крана, маш.-ч; $C_{в.к}$ – себестоимость 1 маш.-ч работы вспомогательного крана, р.

В составе накладных расходов учитываются следующие группы и статьи затрат: 1) административно-хозяйственные расходы (на содержание аппарата управления, ремонт и содержание зданий, вневедомственную охрану, почтово-телеграфные операции); 2) расходы на обслуживание работников строительства (дополнительная зарплата рабочих, взносы на социальное страхование, затраты на охрану труда и технику безопасности); 3) расходы на организацию работ на строительных площадках (проектирование производства работ, содержание производственных лабораторий и др.).

Накладные расходы рассчитываются по нормам, установленным к прямым затратам на эксплуатацию строительных машин или к основной заработной плате рабочих. Норма накладных расходов принимается в размере 21% от общей суммы прямых затрат (единовременных, годовых, текущих). По данным расчета годовых, текущих, единовременных и накладных расходов составляется сводная калькуляция себестоимости эксплуатации строительных и дорожных машин в виде таблицы. На основе калькуляции определяется себестоимость эксплуатации машины в расчете на 1 маш.-ч, а также на единицу выполняемого объема механизированных работ.

В зависимости от характера мероприятий расчет экономического эффекта производится на различные единицы измерения и объемы работ.

Экономический эффект при внедрении механизации определяется как разность приведенных удельных затрат по эталонному и рассматриваемому варианту, умноженная на соответствующий объем работ, по формуле:

$$\mathcal{E} = O_m [(C_{ед.э} + K_{уд.э} E_n) - (C_{ед.н} + K_{уд.н} E_n)], \quad (1.4.21)$$

где $C_{ед.э}$ и $C_{ед.н}$ – себестоимость единицы работ соответственно по эталонному и новому вариантам механизации; $K_{уд.э}$ и $K_{уд.н}$ – удельные капитальные вложения по эталонному и новому вариантам механизации; E_n – см. формулу (1.4.1); O_m – годовой объем механизированных работ на объекте (при сравнении вариантов механизации); годовой объем принимается применительно к производительности новой машины (при ее сравнении с эталонной).

Если при выборе наиболее целесообразных вариантов механизации работ на объекте рассматривают по каждому из них комплекты машин переменного состава, то экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \left(C_{о.э} + E_n \sum_{i=1}^n \frac{K_{эi} T_{о.эi}}{T_{год.эi}} \right) - \left(C_{о.н} + E_n \sum_{i=1}^n \frac{K_{ни} T_{о.ни}}{T_{год.ни}} \right), \quad (1.4.22)$$

где (соответственно вариантам механизации эталонному и новому – не эталонному) $C_{о.э}$ и $C_{о.н}$ – себестоимость работ на объекте; $K_{эi}$ и $K_{ни}$ – капитальные вложения в i -ю машину комплекта; $T_{о.эi}$ и $T_{о.ни}$ – число смен (часов) работы на объекте i -й машины комплекта; $T_{год.эi}$ и $T_{год.ни}$ – то же, в году.

В тех случаях, когда по виду работ, по которому выбирается наиболее целесообразный вариант механизации, имеется возможность установить цену на единицу работ или продукции процесса $\Pi_{ед}$, необходимо наряду с определением экономического эффекта по приведенным затратам выявить размер прибыли (убытка), обеспечиваемой каждым вариантом в случае его

применения, а для наиболее целесообразных вариантов – уровень рентабельности. Размер прибыли Π_0 или убытка определяется по формуле

$$\Pi_0 = O_m (\Pi_{ед} - C_{ед}). \quad (1.4.23)$$

При положительном значении Π_0 имеет место прибыль, при отрицательном – убыток.

Уровень рентабельности Y_p целесообразнее всего определять по формуле:

$$Y_p = \frac{\Pi_0}{C\Phi_i} \cdot \frac{O_{годi}}{O_m} = \frac{(\Pi_{ед} - C_{ед}) O_{годi}}{C\Phi_i}, \quad (1.4.24)$$

где O_m – объем работ данного вида на объекте; $C_{едi}$ – себестоимость единицы работ по i -му варианту; $C\Phi_i$ – стоимость активной части производственных фондов при i -м варианте механизации; $O_{годi}$ – годовой объем работ, который может быть выполнен при использовании фондов стоимостью $C\Phi_i$.

При отсутствии данных о цене продукции механизированного процесса можно условно принять, что себестоимость единицы продукции по эталонному варианту с добавлением установленного в строительстве размера плановых накоплений и является ценой продукции механизированного процесса и применительно к ней определять прибыль и уровень рентабельности, обеспечиваемые каждым из рассматриваемых вариантов.

Вариант, позволяющий получить наиболее высокий уровень рентабельности, и является наилучшим, а экономический эффект, обеспечиваемый этим вариантом, соответствует размеру получаемой прибыли.

Наиболее полно эффективность (умножающийся эффект) можно выявить при использовании целостного подхода, основные принципы которого сформулированы Н. Стефановым, назвавшим его мультипликационным. В настоящее время его называют **мультипликативным**. Он носит многоцелевой характер, в отличие от традиционных методов, имеющих одну цель (функциональную) – повышение производительности для получения экономического эффекта, и являющихся частью программно-целевого метода планирования и управления.

Эффект от внедрения новых разработок должен рассматриваться как «эмерджентный» или синергетический, т.е. связанный с наличием в сложных системах свойства целостности, которое присуще системе в целом, а не составляющим ее элементам. Синергизм – одновременное функционирование отдельных, но взаимосвязанных частей, обеспечивающих «самоорганизацию» и более высокую общую эффективность по сравнению с суммарной.

Экономику взаимосвязанных производств из различных областей надо рассматривать как единый организм, хотя бы в стыкующихся производствах. Не исключено, что новое техническое решение может оказаться локально не выгодным, но дающим большой мультипликационный эффект в других областях производства.

Особенности мультипликативного подхода определения эффективности:

- 1) мультипликативный эффект нарастает и умножается, в т.ч. и по мере развития системы;
- 2) мультипликативный эффект есть совместный эффект, существенно больший, чем суммарный;

3) мультипликативный эффект является интегральным эффектом в смысле, что он одновременно и метрический эффект в области производства, и не метрический в социальной области, в повышении культуры, духовности и т.д.

Полиморфность мультипликативного подхода заключается в том, что эффект проявляется как:

1) диффузионный эффект – распространение нововведения на другие области, вследствие чего происходит его мультипликация, но это не простой перенос нового в другую область, а сложный процесс расширения и конкретизации знаний, открытия новых явлений;

2) резонансный эффект – распространение лучеобразно или по цепочке производственных систем умножающего эффекта в соседние или более отдаленные области как вперед, так и назад по направлению взаимосвязей технологических процессов;

3) эффект стартового взрыва – цепная реакция в перспективе;

4) эффект сопутствующих возможностей (проявляется как промежуточный результат) – возникновение новых эффективных разработок в других научных или технических областях;

5) эффект акселерации – ускорение (прямая мультипликация), часто носящее пульсирующий характер; возникающие при этом паузы нужны для использования научно-технического результата;

6) мультипликация локального эффекта и локализация мультипликативного эффекта;

7) интегральный эффект, соединяющий в крупной проблеме эффекты всех видов.

Экономическая эффективность любого производства не рассматривалась. Кроме основного производства мультипликативный эффект распространяется в другие отрасли производства и области. Для расчета мультипликативного эффекта в других областях производства, влияние новшества на состояние окружающей среды и здоровье людей, в т.ч. и через мультипликативную передачу его в другие производства, необходим большой сравнительный статистический материал. Но даже при его отсутствии можно оценить положительное или отрицательное влияние новых техники, технологий, энергетических объектов и т.д. на операторов, на состояние окружающей среды и окрестных жителей, на изменение образа жизни.

1.5. Основные принципы классификации строительных машин и общие сведения о машинах

Машина представляет собой сочетание механизмов и несущих конструкций, состоящих из узлов и деталей, которые предназначены для выполнения определенной работы или для преобразования одного вида энергии в другой, что и определяет назначение машины.

Большое разнообразие машин не позволяет разработать их классификацию, но возможно осуществить разбивку их на укрупненные группы. Наибольший интерес представляет разделение машин по их

назначению. При этом в одной группе могут оказаться совершенно не схожие машины, как по внешнему виду, так и по принципу действия, тогда как в различных группах могут оказаться внешне похожие машины, но отличающиеся по их применению.

Укрупненные группы машин *по технологическому назначению*:

1. транспортирующие машины – тракторы, тягачи, автомобили, прицепы и др.;
2. грузоподъемные машины и механизмы – домкраты, лебедки, подъемники, грузоподъемные краны;
3. машины непрерывного транспорта – конвейеры, элеваторы, пневматический и гидравлический транспорт;
4. погрузо-разгрузочные машины;
5. машины для подготовительных работ – дрезовалы, корчеватели, кусторезы, рыхлители и др.;
6. машины для земляных работ – бульдозеры, скреперы, грейдеры-элеваторы, автогрейдеры, одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, машины для гидромеханизации, для уплотнения грунтовых оснований, для бестраншейной прокладки коммуникаций и проходки тоннелей, оборудование для водоотлива и водопонижения;
7. машины для свайных работ – свайные молоты, вибропогружатели, копры, шпунтовывергиватели, машины для срезки голов свай и машины для изготовления буронабивных свай;
8. машины и оборудование для добычи и переработки каменных материалов – для буровых работ, дробилки и мельницы, сортировочные, моечные и обогащательные машины;
9. машины и оборудование для приготовления бетонных смесей, растворов, асфальтобетонных смесей и их транспортирования;
10. машины и оборудование для изготовления арматурных изделий для железобетонных конструкций;
11. машины и оборудование для изготовления сборных и монолитных железобетонных конструкций и отделки их поверхностей;
12. машины для постройки стабилизированных оснований, а также асфальтобетонных и цементобетонных покрытий;
13. машины для содержания и ремонта дорог: уборочные и поливомоечные машины, машины для очистки дорог от снега и наледи, ремонтеры;
14. отделочные машины и механизированный инструмент.

Кроме этого имеется различное монтажное и технологическое оборудование, как, например, опалубочные щиты для возведения монолитных железобетонных конструкций.

Каждая группа делится на подгруппы (бульдозеры, скреперы, экскаваторы в группе машин для земляных работ). Внутри подгрупп машины отдельных типов различаются конструкцией узлов или машин в целом (экскаваторы одноковшовые с прямой или обратной лопатой, траншейные роторные или цепные, шагающие, с поперечным копанием).

Каждый тип машин имеет ряд типоразмеров (моделей), близких по конструкции, но отличающихся отдельными параметрами (вместимость ковша,

размеры, масса, мощность, производительность). При изготовлении машин одного типоразмерного ряда широко используются стандартные детали и унифицированные сборочные единицы.

По режиму работы (принципу действия) различают машины периодического (циклического) действия, выполняющие работу путем периодического многократного повторения одних и тех же чередующихся рабочих и холостых операций с циклической выдачей продукции (бульдозеры, скреперы, одноковшовые экскаваторы), и машины непрерывного действия, выдающие или транспортирующие продукцию непрерывным потоком (многоковшовые экскаваторы непрерывного действия, конвейеры). Машины циклического действия отличаются их универсальностью и приспособленностью к работе в различных производственных условиях, а машины непрерывного действия – повышенной производительностью. Имеются машины и комбинированного действия. Нагрузка может быть равномерной или переменной.

По степени подвижности машины делятся на переносные, стационарные и передвижные (в том числе в кузове автотранспорта, а также прицепные и полуприцепные к грузовым автомобилям, тракторам, тягачам и самоходные).

Ходовое оборудование машин может быть гусеничным, пневмоколесным, рельсовым, шагающим и комбинированным.

По типу силовой установки машины могут иметь электрические двигатели, двигатели внутреннего сгорания или комбинированный привод с использованием электрических, гидравлических и пневматических двигателей. Паровой привод сохранился только в паровых молотах для забивки свай, иногда применяемых в мостостроительных работах.

По количеству двигателей различают одномоторные (все механизмы приводятся в действие от одной силовой установки) и многомоторные (для каждого механизма предусмотрен индивидуальный двигатель) машины.

По способу передачи движения машины могут иметь трансмиссии: механические, гидравлические (гидропривод), пневматические (пневмопривод), электрические или комбинированные.

Системы управления машин делят на механические (рукоятки и педали, приводящие в действие системы рычагов), гидравлические (безнасосные и насосные, где частично или полностью используются гидроустройства), пневматические (с использованием сжатого воздуха), электрические (с использованием электрооборудования) и комбинированные (электрогидравлические, пневмоэлектрические и т.п.).

По степени универсальности машины подразделяют на универсальные многоцелевого назначения, снабженные различными видами быстроосъемных рабочих органов, приспособлений и оборудования для выполнения разнообразных технологических процессов (строительные одноковшовые экскаваторы, погрузчики) и специализированные, имеющие один вид рабочего оборудования и предназначенные для выполнения только одного технологического процесса (дробильные машины, бетононасосы).

По степени автоматизации различают машины с механизированным управлением, с автоматизированным управлением и контролем на базе микропроцессорной техники, с автоматизированным управлением на расстоянии, с автоматическим управлением на базе микропроцессоров и мини-ЭВМ, строительные манипуляторы и роботы, а также роботизированные машины и комплексы.

На все выпускаемые в нашей стране строительные машины распространяется *единая система индексации*, в соответствии с которой каждой машине разработчиком присваивается индекс (марка), содержащий буквенное и цифровое обозначение. Основные буквы индекса, располагаемые перед цифрами, обозначают вид машины. Например, буквенная часть индекса одноковшовых строительных экскаваторов содержит буквы ЭО, экскаваторов траншейных роторных – ЭТР, цепных – ЭТЦ, землеройно-транспортных машин – ДЗ, машин для подготовительных работ и разработки мерзлых грунтов – ДП, машин для уплотнения грунтов и дорожных покрытий – ДУ, кранов стреловых самоходных – КС, строительных башенных кранов – КБ, оборудования для погружения свай – СП, бурильных и бурильно-крановых машин – БМ, машин для отделочных работ – СО, лебедок – ТЛ, погрузчиков многоковшовых – ТМ и одноковшовых – ТО, подъемников – ТП, конвейеров и питателей – ТК, машин для уборки и очистки городов – КО, ручных машин электрических – ИЭ, пневматических – ИП, вибраторов – ИВ и т.п. Цифровая часть индекса означает техническую характеристику машины. После цифровой части в индекс могут быть включены дополнительные буквы, обозначающие порядковую модернизацию машины, вид ее специального исполнения.

Каждая машина состоит из отдельных частей и узлов, в состав которых входят:

- 1) рабочее оборудование, выполняющее рабочие операции (стрела, рукоять и ковш экскаватора, ковш скрепера, отвал бульдозера, стрела с грузозахватным устройством крана и т.п.);
- 2) передаточные устройства и механизмы;
- 3) силовое оборудование, приводящее в движение механизмы машины;
- 4) система управления для включения и выключения отдельных частей и узлов машины.

Кроме того, передвижные машины, которые в строительстве являются преобладающими, имеют ходовое оборудование. Часто одни и те же узлы имеют несколько функций. Так стрелы и башни башенных кранов являются одновременно и рабочими органами и несущими конструкциями.

Конструкция рабочего оборудования определяется назначением машины и характером технологических процессов, выполняемых машиной. Силовое оборудование, механизмы передачи движения и управления, а также ходовая часть передвижных машин не носят индивидуального характера для каждого типа и типоразмера машины.

Сочетание передаточных механизмов для каждого отдельно взятого типа машины и даже типоразмера носит индивидуальный характер и образует кинематическую схему, которая показывает пути передачи движения от вала

двигателя ко всем остальным движущимся элементам и, в конечном счете, к рабочему оборудованию или ходовому устройству. Кинематическая схема дается не в масштабе и не показывает взаимного положения движущихся деталей в пространстве, но она дает ясное представление о взаимодействии отдельных элементов кинематической цепи и позволяет определить усилия и скорости движения исполнительных органов машин.

В отличие от кинематической схемы конструктивная не позволяет полностью судить о взаимодействии отдельных механизмов и их элементов. Вместе с тем она дает возможность получить общее представление о взаимосвязи отдельных узлов и деталей машины в целом и их взаимном расположении. В отличие от кинематической при составлении конструктивной схемы придерживаются определенного масштаба, при помощи которого можно судить о габаритах и размерах машины.

Каждая часть машины состоит из отдельных агрегатов, механизмов, узлов и деталей, представляющих собой конструктивно обособленные единицы, которые могут изготавливаться на разных заводах. Механизмы машин состоят из узлов и деталей, объединенных в единое целое с помощью соединений. Узлами машины являются такие элементы, как коробки передач, редукторы, муфты, подшипники, цепи, сварные элементы металлоконструкций и т.п.

Совокупность механизмов и узлов, предназначенных для передачи движения, называются передачами или трансмиссиями. Среди механических передач встречаются фрикционные, зубчатые, червячные, винтовые, ременные и цепные.

Узлы делятся на звенья, из которых они собираются. Так, например, редуктор состоит из металлического корпуса, подшипников, закрепленных в корпусе и отдельных валов с зубчатыми колесами, втулками и т. п. Звенья состоят из отдельных деталей: валы, зубчатые колеса, шкивы, корпуса и др.

Узлы и звенья конструируют так, чтобы они удовлетворяли следующим требованиям: могли легко сниматься и устанавливаться, а также легко разбираться для удобной замены деталей, из которых они составлены. Детали, звенья и узлы должны быть унифицированными и взаимозаменяемыми. Желательно, чтобы детали в звене (а еще лучше в узле) имели одинаковый срок службы, определяемый их физическим износом.

Г л а в а 2

Детали машин, силовое оборудование и трансмиссии

2.1. Соединения, общие узлы и детали машин

Детали – это элементы узлов или механизмов, изготовленные без использования соединений. Детали машин подразделяют на *общие*, которые встречаются в машинах различного назначения такие, как элементы соединений (болты, гайки, шпонки и т.п.) и элементы передач (оси, валы, шестерни, звездочки, шкивы и др.), и на *специальные*, которые входят в состав звеньев и узлов, сконструированных применительно к характеру и назначению машин определенных групп.

Обычно из специальных деталей изготавливают рабочее оборудование строительных машин (стрела, рукоять, ковш экскаватора и т.п.), а также машин и оборудования производственных предприятий строительства (барабаны и лопатки смесительных машин, дробильные щеки дробилок и др.).

Соединения применяются для крепления деталей или узлов в заданном положении (неподвижные), а также для передачи усилий и движений от одной детали к другой (подвижные). Все соединения передают усилия и участвуют в движении, но только “неподвижные” не имеют движения относительно узла или механизма, который они скрепляют. Поэтому на все соединения действуют динамические нагрузки и их необходимо рассчитывать на прочность и усталость.

2.1.1. Неподвижные соединения

Неподвижные соединения подразделяются на неразъемные и разъемные. К неразъемным соединениям относятся сварные и заклепочные, а к разъемным – резьбовые, клиновые и др.

Заклепочные соединения в настоящее время применяют, в основном, для соединения деталей из трудно свариваемых материалов и материалов, деформирующихся при сварке, а также в конструкциях, где сварка недопустима. Например, в рамах грузовых автомобилей, которые, воспринимая большие динамические нагрузки, должны быть жесткими на изгиб, но при этом допускать деформацию на кручение. В них, недопустимы концентраторы напряжений, возникающие при сварке внахлестку или с накладками, а также недопустимы остаточные сварочные напряжения, а стыковая сварка этих рам невозможна.

Заклепка представляет собой круглый стержень, соединяющий детали и имеющий на конце головку, называемую закладной (рис. 2.1). Заклепка вставляется в отверстие, подготовленное в соединяемых деталях, затем стержень ее осаживается и на свободном конце образуется вторая – замыкающая головка. Головка заклепки в момент клепки подпирается массивной поддержкой (рис. 2.2).

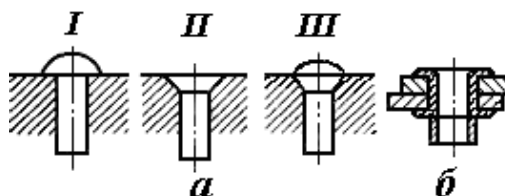


Рис. 2.1. Виды заклепок:

а – стержневые; *б* – трубчатая; *I* – полукруглая головка; *II* – потайная головка; *III* – полупотайная головка

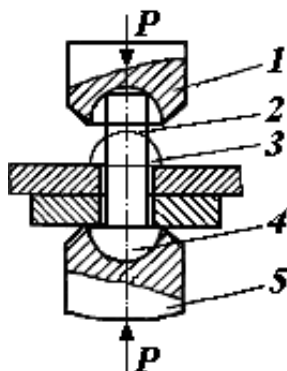


Рис. 2.2. Схема образования заклепочного соединения:

1 – оправка; *2* – стержень заклепки; *3* – замыкающая головка заклепки;
4 – закладная головка; *5* – поддержка

Клепка может производиться вручную – молотом или при помощи клепальной машины. При небольших диаметрах заклепок применяется холодная клепка (без нагревания заклепки). При диаметрах заклепок свыше 10 мм осадить заклепку в холодном состоянии не удастся, в этом случае применяется горячая клепка с предварительным нагревом заклепки до светло-красного каления. При горячей клепке заклепки, уменьшаясь в длине после остывания, плотно стягивают соединяемые детали, вызывая между ними силы трения, способные воспринимать значительную поперечную нагрузку.

По назначению заклепочные швы делятся на:

- 1) прочные, применяемые в металлоконструкциях;
- 2) плотные, применяемые для изготовления баков и резервуаров;
- 3) прочноплотные, применяемые при изготовлении емкостей, находящихся под давлением.

По типу стыка различают швы внахлестку и швы встык с одной или двумя накладками; они могут быть одно-, двух- и многорядные с параллельным и шахматным расположением заклепок (рис. 2.3). По числу сечений заклепки швы делятся на односрезные и многосрезные.

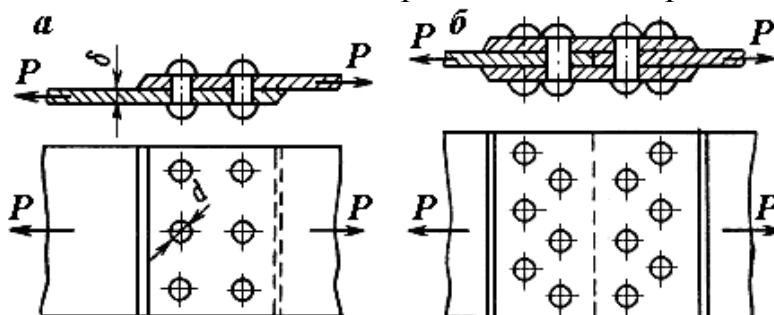


Рис. 2.3. Заклепочные соединения:

а – соединение внахлестку; *б* – соединение встык

Заклепочные соединения рассчитаны на восприятие нагрузок перпендикулярных оси заклепки. Диаметр d заклепок выбирается, исходя из толщины соединяемых деталей:

$$d = \delta + 10 \text{ мм},$$

где δ – толщина деталей, мм.

Допустимая нагрузка P (Н) на заклепку при односрезном соединении:

$$P = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot 10^{-2}} [\tau]_{\text{ср}},$$

где d – диаметр заклепки, см; $[\tau]_{\text{ср}}$ – допустимое напряжение заклепки на срез, МПа.

Для многосрезного соединения:

$$P = \frac{\pi \cdot k \cdot d^2}{4 \cdot 10^{-2}} [\tau]_{\text{ср}},$$

где k – число срезов заклепки.

При известной общей нагрузке P_{Σ} необходимое число заклепок z определится по формуле:

$$z = \frac{4 \cdot 10^{-2} P_{\Sigma}}{k \cdot [\tau]_{\text{ср}} \cdot \pi \cdot d^2}.$$

Заклепки проверяются на смятие:

$$P = \delta \cdot d \cdot [\sigma]_{\text{см}} \cdot 10^2,$$

где $[\sigma]_{\text{см}}$ – допускаемое напряжение на смятие, МПа.

Отверстия под заклепки ослабляют скрепляемые элементы, поэтому последние должны быть проверены на растяжение:

$$P = F \cdot [\sigma]_{\text{р}} \cdot 10^2,$$

где F – площадь сечения детали по оси заклепок, см²; $[\sigma]_{\text{р}}$ – допускаемое напряжение на растяжение, МПа;

$$F = n \cdot \delta \cdot (t - d),$$

где n – число заклепок в ряду; t – шаг заклепок, см.

Чтобы заклепки не вырезали кромку скрепляемых элементов, должно быть выдержано условие:

$$P = 2 \cdot \delta \cdot \left(l - \frac{d}{2} \right) \cdot [\tau]_{\text{ср}} \cdot 10^2,$$

где l – расстояние от оси заклепки до края листа, см; ($l \approx 1,5 \cdot d$).

В конструкциях строительных и транспортных машин прочные заклепочные швы, в основном, заменены сварными.

Сварные соединения в силу своих технологических и экономических преимуществ получили значительно большее распространение в машиностроении, чем клепаные. Сварные соединения по сравнению с заклепочными обладают рядом преимуществ (простота соединения, экономия металла, отсутствие ослабления деталей отверстиями, быстрота соединения, возможность автоматизации процесса сварки), что привело к широкому их распространению.

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемного соединения металлических деталей с применением местного нагрева и использованием сил молекулярного сцепления. В зависимости от состояния, в

котором находится металл при сваривании (пластическом или жидком), можно различать два вида сварки:

1) сварку давлением, или пластическую, при которой детали, доведенные до пластического состояния, сжимаются внешним усилием, соединяясь в одно целое;

2) сварку плавлением, при которой расплавленные края деталей образуют общую жидкую ванну, превращающуюся после охлаждения в сварной шов.

В зависимости от способа нагрева сварка подразделяется на химическую (кузнечную или горновую, газовую, термитную) и электрическую (контактную и дуговую).

Основными способами химической сварки являются: газовая (автогенная) и электрическая. Реже применяется кузнечная сварка. Кузнечный способ сварки, известный с древних времен, заключается в нагреве концов свариваемых деталей в кузнечном горне и последующем сковывании их друг с другом ударами молота. Газовая сварка состоит в том, что в специальную горелку по двум шлангам подаются кислород и ацетилен, образующие горючую смесь. Газовым пламенем разогревают края свариваемых деталей. Одновременно в пламя вводят стальной стержень, который, расплавляясь, заполняет полость между свариваемыми деталями и соединяет их в одно целое.

При электрической сварке электрическая дуга, образующаяся между электродом и деталью, плавит электрод и края свариваемых деталей. Металл электрода, расплавляясь, заполняет промежуток между свариваемыми деталями.

Контактная сварка часто применяется в заводских условиях при изготовлении арматурных изделий для железобетонных конструкций.

В условиях строительных площадок основным видом сварки является электрическая дуговая. Этот метод сварки был предложен в 1882 г. русским изобретателем Н.Н. Бенардосом и усовершенствован в 1888 г. Н.Г. Славяновым. Метод Бенардоса отличался тем, что для электрической дуги использовался угольный электрод, а для заполнения шва применялся специальный металлический прут, расплавляемый в пламени дуги. В настоящее время метод Бенардоса применяется при сварке цветных металлов.

Основные типы сварных соединений: стыковые (С), угловые (У), тавровые (Т), внахлестку (Н) (рис. 2.4). Для каждого способа сварки разработаны стандарты. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений приведены в ГОСТ 2.312–72.

Стыковые швы отличаются один от другого сечением, определяемым предварительной подготовкой кромок соединяемых деталей (рис. 2.4). Бескосные стыковые швы применяют при малых толщинах свариваемых деталей (до 5 мм). V-образные швы применяют в тех случаях, когда значительная толщина деталей не позволяет обеспечить достаточный прогрев. U-образный шов лучше V-образного с точки зрения расхода электроэнергии и металла, однако имеет более сложную разделку. X-образный шов целесообразен при больших толщинах деталей, так как имеет малую площадь

вырубке металла при разделке. Стыковые швы рассчитываются на растяжение или сжатие. Длина шва L (см) определяется по формуле:

$$L = \frac{P}{\delta \cdot [\sigma_p] \cdot 10^2},$$

где P – действующее усилие, Н; δ – толщина детали, см; $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение, МПа.

Сварные соединения внахлестку, в том числе и с накладками, а также тавровые и угловые без разделки кромок выполняют угловыми швами в виде валиков. Размер сечения углового шва определяется катетом, выполняемым обычно не более толщины свариваемых листов металла. В зависимости от направления действующего усилия различают швы лобовые, расположенные перпендикулярно действующему усилию P , фланговые, расположенные параллельно действующему усилию, и косые под углом к действующему усилию (рис.2.4). Угловые швы перечисленных типов рассчитываются на срез.

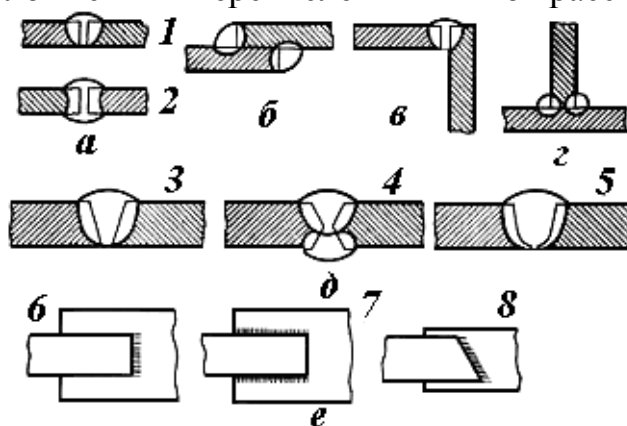


Рис. 2.4. Типы сварных соединений:

a – стыковые бескосые ($\delta < 8$ мм); b – нахлесточные с двумя швами; $в$ – угловое с односторонним швом; $г$ – тавровое с двусторонним швом; $д$ – стыковые со скосом стыкуемых кромок; $е$ – расположение швов нахлесточных соединений; 1 – с односторонним швом; 2 – с двусторонним швом; 3 – V-образное ($\delta < 30$ мм); 4 – X-образное ($\delta = 30 \dots 40$ мм); 5 – U-образное ($\delta = 30 \dots 40$ мм); 6 – лобовое; 7 – фланговое; 8 – косое

Длина углового шва L (см) определяется из расчета на срез:

$$L = \frac{P}{2 \cdot 0,7 \cdot 10^2 \cdot \delta \cdot [\tau_{ср}]},$$

где $[\tau_{ср}]$ – допускаемое напряжение на срез, МПа.

Усталостные разрушения в элементах металлоконструкций строительных машин начинаются в местах концентрации напряжений. Наибольшие концентрации напряжений имеют место в сварных соединениях и зависят от типа, формы и дефектов сварки.

Непровары и пористость сварного соединения резко повышают эффективный коэффициент концентрации напряжений. Так, пористость шва в 1% снижает усталостную прочность на 30%. В начале и конце процесса сварки электрическая дуга нестабильна. Поэтому начало и конец стыковых шва желательно выводить за пределы рабочей зоны с помощью специальных накладок, которые “прихватываются” к соединяемым деталям, а затем после сварки удаляются.

Наличие наплыва на стыковом шве при симметричном цикле нагрузки снижает усталостную прочность обычной углеродистой стали на 30% и низколегированной стали – на 45%. Желательна механическая обработка швов наждачным кругом. Отсутствие подварки корня снижает предел усталости более чем в 2,5 раза.

Эффективный коэффициент концентрации напряжений при соединении угловыми фланговыми швами достигает 3,5...4-кратной величины, а угловыми лобовыми – 3-кратной по сравнению со стыковыми швами. Высокими концентраторами напряжения являются концы швов в местах перехода к основному металлу. Поэтому в несущих конструкциях не следует применять прерывистых швов, а продольные и поперечные элементы следует приваривать с плавным переходом от шва к основному металлу. С этой целью поперечные элементы нужно приваривать вогнутыми швами, снижающими концентрацию напряжений.

Приварка к основному элементу дополнительных деталей (ребер, косынок и т.д.) снижает его усталостную прочность. Концы накладок и других усиливающих элементов должны оканчиваться закруглениями или плавными переходами.

Резьбовые соединения относятся к разъемным соединениям. В механических системах передачи движения часто используются винтовые пары. Резьбы подразделяются на цилиндрические и конические. Последние применяют в тех случаях, когда требуется непроницаемость соединения, например в трубопроводах, и т.д.

Винтовую линию цилиндрической резьбы можно представить в виде гипотенузы прямоугольного треугольника, обернутого вокруг поверхности цилиндра (рис. 2.5). Угол α называется углом подъема, а величина S – шагом винтовой линии, представляющим расстояние, измеренное по образующей цилиндра между двумя соседними точками, лежащими на одной и той же винтовой линии. Если резьба образована одной винтовой линией, то такая резьба называется однозаходной, если двумя и более, то – многозаходной. У многозаходных резьб следует различать шаг винта и шаг резьбы. Шаг резьбы (S') в отличие от шага винта представляет собой расстояние между двумя соседними точками, лежащими на образующей цилиндра и принадлежащими разным винтовым линиям (см. рис. 2.5). Наиболее распространенные профили резьб приведены на рис. 2.6.

Треугольные метрические резьбы используются в крепежных деталях (ГОСТ 9150–81, ГОСТ 8724–81), трубные цилиндрические и дюймовые используются для соединения труб и арматуры трубопроводов. У метрических резьб диаметр и шаг измеряются в миллиметрах и угол профиля равен 60° , а у дюймовых диаметр измеряется в дюймах, а угол профиля – 55° . Треугольные крепежные резьбы стандартизованы. В машиностроении применяется метрическая резьба для диаметров 1...500 мм. В зависимости от назначения применяют резьбы с крупным или мелким шагом, отличающиеся между собой размером шага при одном и том же диаметре.

Две детали с одинаковыми параметрами резьбы, из которых одна имеет наружную (винт), а другая – внутреннюю (гайка) резьбу, образуют винтовую пару. Если резьба идет слева направо вверх, то она называется правой, а если справа налево вверх, то левой. Гайка с правой резьбой навинчивается по часовой стрелке. Обычно применяют правые резьбы.

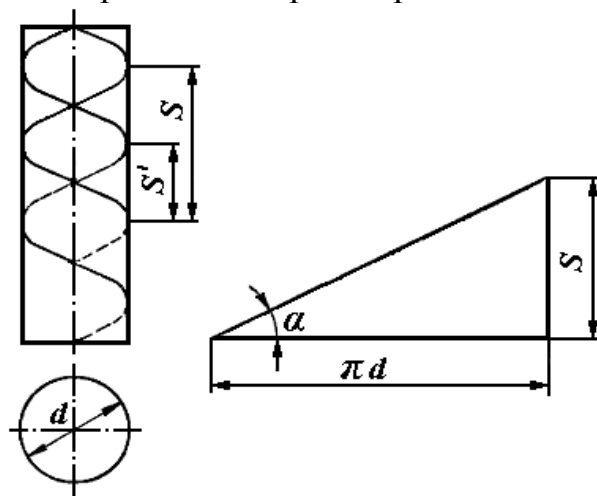


Рис. 2.5. Построение винтовой линии

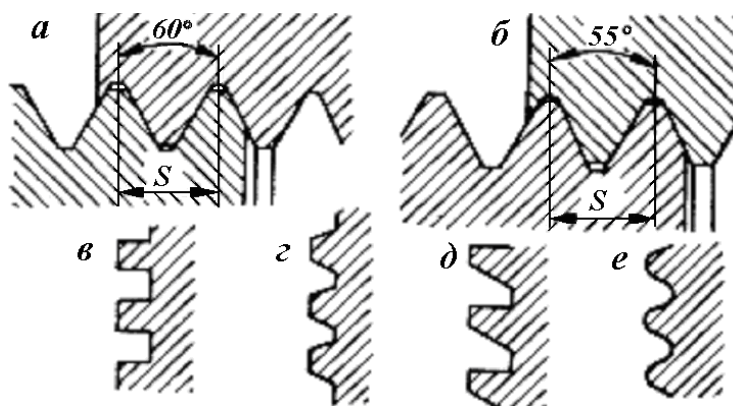


Рис. 2.6. Профили резьб:

a – треугольная метрическая; *б* – треугольная дюймовая; *в* – прямоугольная;
г – трапецидальная; *д* – упорная; *е* – полукруглая

Треугольные метрические резьбы используются в крепежных деталях (ГОСТ 9150–81, ГОСТ 8724–81), трубные цилиндрические и дюймовые используются для соединения труб и арматуры трубопроводов. У метрических резьб диаметр и шаг измеряются в миллиметрах и угол профиля равен 60° , а у дюймовых диаметр измеряется в дюймах, а угол профиля – 55° . Треугольные крепежные резьбы стандартизованы. В машиностроении применяется метрическая резьба для диаметров 1...500 мм. В зависимости от назначения применяют резьбы с крупным или мелким шагом, отличающиеся между собой размером шага при одном и том же диаметре. Силы трения, а, следовательно, и торможение в резьбе зависят от профиля резьбы. С увеличением угла профиля трение в резьбе увеличивается, поэтому резьбы прямоугольные, трапецидальные и упорные (рис. 2.6, *в*, *г*, *д*) применяют в соединениях для передачи движения, где требуются наименьшие потери на трение.

Треугольные (рис. 2.6, а) резьбы применяют в крепежных деталях, где большое трение в резьбе желательно для предотвращения самоотвинчивания. Кроме этого, треугольные резьбы прочнее других при работе витков на срез, что приводит к уменьшению высоты гаек.

Резьбовые соединения имеют такие крепежные детали как: болты, шпильки, винты, гайки и детали, предупреждающие самоотвинчивание резьбовых соединений (рис. 2.7).

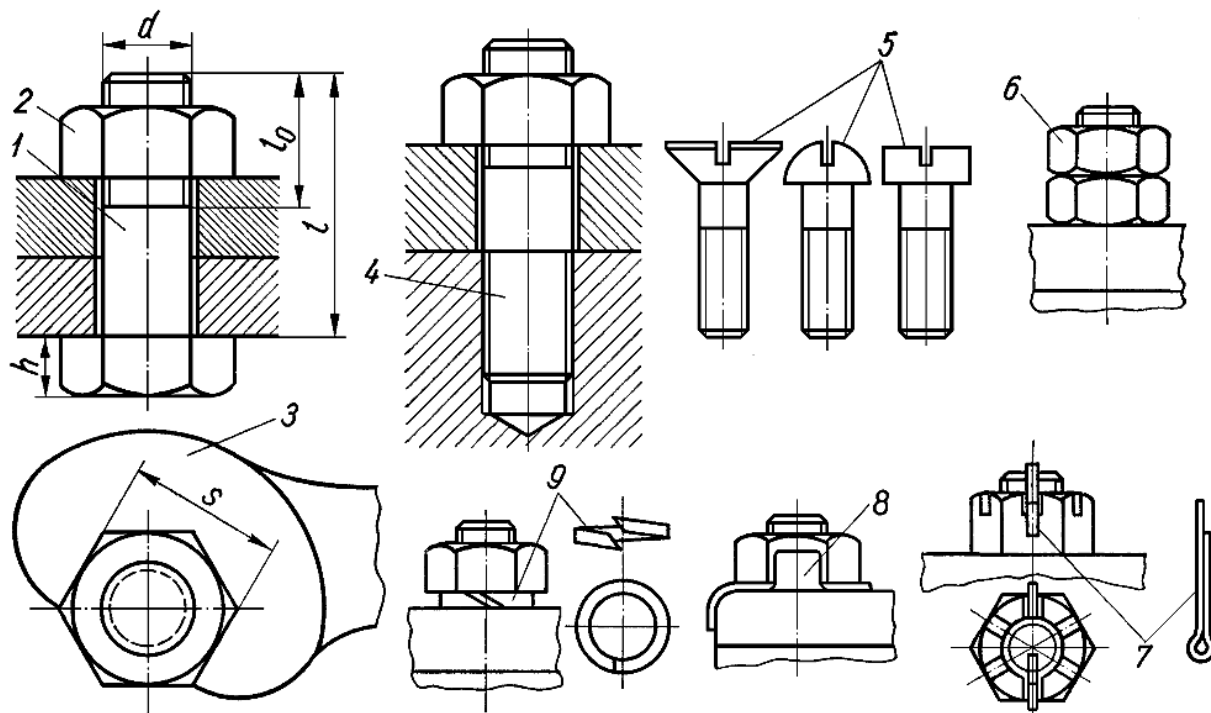


Рис. 2.7. Крепежные детали

Болт 1 – стержень с резьбой для гайки 2 на одном конце и головкой для захвата гаечным ключом 3 на другом. Головки могут быть круглыми, квадратными, но чаще всего выполняются шестигранными.

Стандартами на болты (ГОСТ 7798–62 и 7805–62) предусматривается большое количество типоразмеров, отличающихся формой головки и методом изготовления. Основными размерами болта являются: диаметр d и, соответствующий наружному диаметру резьбы, размер под ключ S , длина l , длина резьбовой части l_0 и высота головки h .

Шпилька 4 – стержень, имеющий резьбу на обоих концах. Одним концом шпилька ввертывается до упора в отверстие, нарезанное в детали, наружная часть используется как болт для наворачивания гайки. Соединение шпильками применяется в тех случаях, когда нет возможности установить болт.

Винты 5 отличаются от болтов тем, что их резьбовая часть ввинчивается в одну из соединяемых деталей, а головка имеет паз под отвертку, реже квадратную или шестигранную форму для захвата ключом. Имеется разновидность винтов, так называемые установочные винты, которые ввертываются в одну деталь и своим концом нажимают на другую деталь, удерживая ее в заданном положении. Такие винты снабжают шестигранными головками.

Гайки имеют форму, удобную для захвата ключом, и отверстие с резьбой для навинчивания на резьбовой конец болта или шпильки. Форма и размеры гаек регламентированы ГОСТом.

Под гайку или головку болта иногда подкладывают (особенно при применении мягких материалов) шайбы для распределения усилий на большую площадь или для предохранения поверхности соединяемых деталей от задиров при завинчивании гайки. Резьбовые соединения, работающие при динамических нагрузках, вибрациях и сотрясениях, требуют применения средств против самоотвинчивания. Такие средства в виде контргаек 6 и пружинных шайб 9 недостаточно надежны, а контргайки вызывают увеличение расхода металла. Контргайка навинчивается поверх основной гайки. Возникающие силы трения в резьбе между болтом, гайкой и контргайкой предохраняют гайку от самоотвинчивания. Считается, что контргайка должна иметь меньшую высоту, чем основная гайка. Это мнение неверно, так как именно контргайка после затяжки берет на себя основную нагрузку растяжения, приложенную к болту. Более широкое применение находят замковые шайбы 8 и шплинты 7. Замковые шайбы устанавливают так, чтобы один конец мог быть отогнут на неподвижную деталь, а второй – на гайку. После этого гайка теряет возможность повернуться. Шплинт также не дает возможности гайке повернуться относительно болта или шпильки.

Расчет болтовых соединений ведется в зависимости от направления действующих усилий по отношению к оси болта и от того, имеет ли болт начальную затяжку или нет.

В случае действия усилий вдоль болта без начальной затяжки нормальные напряжения σ (МПа) в болтах составляют:

$$\sigma = \frac{P}{F_1} = \frac{4 \cdot 10^2 P}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p],$$

где P – усилие, действующее на один болт, Н; F_1 – площадь сечения болта по внутреннему диаметру резьбы, см²; d_1 – внутренний диаметр резьбы, см; $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение, МПа.

Из этого выражения находим величину d_1 :

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{10^2 \cdot \pi \cdot [\sigma_p]}}.$$

При действии сил P (Н), перпендикулярных осям болтов, поставленных без зазора (болты повышенной точности), напряжение сдвига τ (МПа) в болтах составляет:

$$\tau = \frac{10^2 \cdot P}{F \cdot k},$$

где F – площадь сечения болта в плоскости среза, см²; k – число плоскостей среза одного болта.

При действии сил, перпендикулярных осям болтов, поставленных с зазором (болты нормальной точности) и имеющих начальную затяжку, внешняя нагрузка уравнивается силами трения в стыках, которые создаются

затяжкой болтов. Болты при этом растягиваются силами, возникающими при их затяжке.

Напряжение σ (МПа) в болтах составляет:

$$\sigma = \frac{10^2 Q}{F_1} \leq [\sigma_p],$$

где Q – усилие, действующее вдоль оси болта, Н;

$$Q = \frac{P}{n \cdot \mu},$$

где P – сила, действующая на соединение перпендикулярно оси болтов, Н; n – число болтов; μ – коэффициент трения между соединяемыми деталями ($\mu = 0,15 \dots 0,2$).

В болтах с начальной затяжкой помимо растягивающих сил действует крутящий момент M (Н·см), так как во время завертывания гайки возникают силы трения в резьбе:

$$M = Q \cdot \frac{d_0}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \mu_1),$$

где d_0 – средний диаметр резьбы в см; α – угол подъема винтовой нити; μ_1 – коэффициент трения в резьбовом соединении ($\mu_1 = 0,18 \dots 0,22$).

Для учета влияния крутящего момента величина допускаемого напряжения на растяжение при выборе диаметра болта должна быть уменьшена на 30%. Окончательно формула для определения диаметра болта в данном расчетном случае примет вид:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot n \cdot \mu \cdot 0,7 \cdot 10^2 [\sigma_p]}}.$$

Подвижные винтовые соединения широко используются в машиностроении не только для соединения деталей, но и для передачи усилий (грузовые винты) и движения (ходовые винты). Эти соединения иногда называются передачами «винт – гайка». К их достоинствам относится возможность передачи больших усилий, точность и равномерность перемещений винта гайки, простота обеспечения самоторможения и др.

2.1.2. Детали и узлы механических передач, подвижные соединения

В механических передачах наиболее распространенной является передача вращательного движения. В каждой передаче вал, передающий мощность, называется – ведущим (входным), а воспринимающий ее – ведомым (выходным). Связь элементов передач осуществляется с помощью подвижных соединений.

Оси и валы представляют собой стержни различных сечений, на которых устанавливаются вращающиеся детали. Их изготавливают из стального проката, поковок и штамповок, а в некоторых случаях из отливок из высокопрочного чугуна. Эти детали обрабатываются на металлорежущих станках.

Оси поддерживают детали и узлы, вращающиеся вместе с ними или относительно их (ось блока, барабана, ходового колеса).

Валы служат для передачи крутящего момента и вращаются вместе с закрепленными на них деталями (зубчатые колеса, шкивы, звездочки,

маховики, барабаны и т.п.). Различают валы с прямолинейной осью, коленчатые и гибкие (рис. 2.8). Наиболее распространены прямые валы, которые часто изготавливают заодно с червяком или зубчатой шестерней, если их диаметры примерно равны. Коленчатые валы служат в основном для преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное или наоборот (двигатели и насосы). Гибкие валы применяют для передачи вращения между узлами машин, меняющими свое относительное положение в процессе работы (вал вибратора, ручной машины и т.д.). Их изготавливают из нескольких слоев стальной проволоки разного диаметра, плотно намотанных на сердечник. При этом каждый слой имеет противоположное направление навивки, а направление навивки наружного слоя противоположно вращению вала при работе. Для предохранения вала от повреждений и удержания смазки его закрывают специальным кожухом.

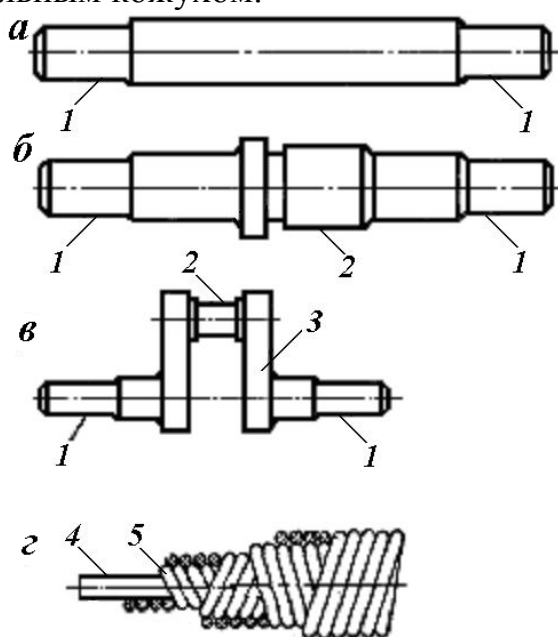


Рис. 2.8. Конструкции валов и осей:

а – гладкие; *б* – ступенчатые; *в* – коленчатые; *г* – гибкие;
1 – шип; 2 – шейка; 3 – щека; 4 – сердечник; 5 – слои навивки

Оси и валы выполняют в основном круглыми сплошного или кольцевого поперечного сечения. Прямые валы и оси бывают постоянного диаметра по всей длине или ступенчатыми с различными диаметрами на отдельных участках. Ступенчатые валы и оси удобны для установки на них различных деталей, каждая из которых должна свободно перемещаться на свое место. Для соединения с деталями на осях и валах нарезают шпоночные канавки или шлицы, а при необходимости, резьбу.

Оси и валы имеют опорные, несущие и переходные участки. Опорные участки (под подшипниками, рис. 2.9), воспринимающие радиальные нагрузки, называют *цапфами*, а осевые нагрузки – *пятнами*. Концевые цапфы называют *шипами*, а промежуточные – шейками. По форме поверхности цапфы бывают цилиндрическими, коническими и сферическими.

Оси и валы при расчете на прочность рассматривают как балку на двух опорах с приложенными к ней нагрузками. Оси рассчитывают только на изгиб:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M}{W}; \quad W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0,1d^3; \quad d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{и}}}{0,1[\sigma_{\text{и}}]}},$$

где d – диаметр оси, мм; $M_{\text{и}}$ – максимальный изгибающий момент, (Н·м); $[\sigma_{\text{и}}]$ – допускаемое напряжение на изгиб, МПа.

При действии на ось нагрузок в различных плоскостях определяют результирующий изгибающий момент:

$$M_{\text{и}} = \sqrt{M_{\Gamma}^2 + M_{\text{В}}^2},$$

где M_{Γ} и $M_{\text{В}}$ – изгибающие моменты в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

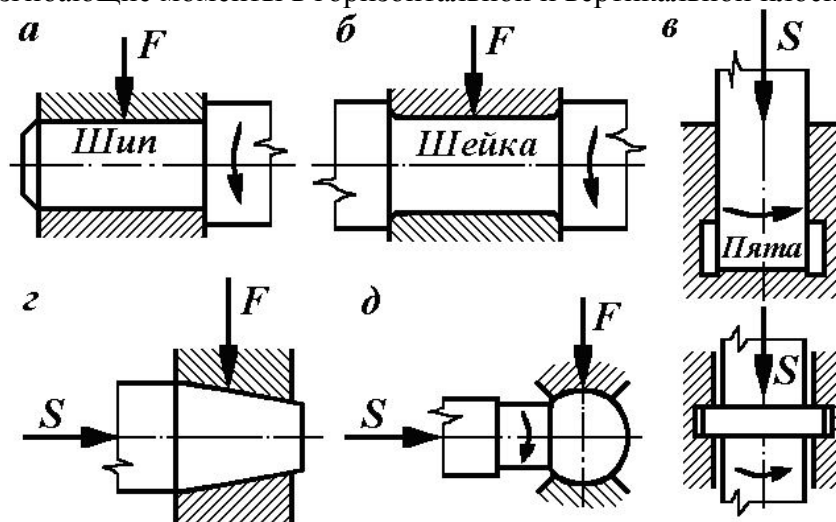


Рис. 2.9. Опорные элементы валов и осей

Валы рассчитывают на совместное действие изгиба и кручения:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{пр}}}{0,1[\sigma_{\text{и}}]}},$$

где d – диаметр вала, мм; $M_{\text{пр}}$ – приведенный момент, (Нм).

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{кр}}^2 + M_{\text{и}}^2},$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент в опасном сечении вала, (Нм).

Для валов, работающих только на кручение:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{кр}}}{0,2[\tau_{\text{кр}}]}},$$

где $[\tau_{\text{кр}}]$ – допускаемое напряжение на кручение, МПа, $[\tau_{\text{кр}}] = 0,5[\sigma_{\text{и}}]$.

Механические передачи вращательного движения осуществляют изменение скоростей, крутящих моментов, направления и вида движения; одни из них используют трение (фрикционные и ременные), а другие – зацепление (зубчатые, червячные, цепные и винтовые).

Фрикционные передачи работают за счет сил трения, возникающих в месте контакта цилиндрических, конических или клиновых катков (рис. 2.10), при их взаимном прижатии друг к другу с усилием Q . Величина силы трения между катками $P = Q \cdot \mu$, где μ – коэффициент трения. Достоинством фрикционных передач является простота конструкции, плавность и бесшумность работы, а также возможность бесступенчатого изменения передаточного числа.

Рабочие поверхности фрикционных катков изготавливают из различных материалов, применяемых в сочетании сталь по стали, пластмассе, коже, прессованному асбесту или прорезиненной ткани, чугун по коже и т.п. Некоторые коэффициенты трения: сталь по стали или по чугуну со смазкой ($\mu = 0,05 \dots 0,1$), чугун по чугуну или по стали ($\mu = 0,1 \dots 0,15$), чугун по дереву всухую ($\mu = 0,2 \dots 0,4$).

Фрикционные передачи широко применяются для передачи небольших мощностей в установках, не требующих точного обеспечения расчетного передаточного числа. Передаточное число фрикционной передачи $i \approx D_2 / D_1 (1 - \varepsilon)$, где D_1 и D_2 – диаметры катков, а ε – коэффициент проскальзывания ($\varepsilon = 0,003 \dots 0,03$). В силовых передачах $i \leq 10$. Фрикционную передачу с переменным передаточным числом называют *вариатором*. По конструкции вариаторы разделяют на лобовые, конусные, шаровые, торовые, многодисковые и клиноременные.

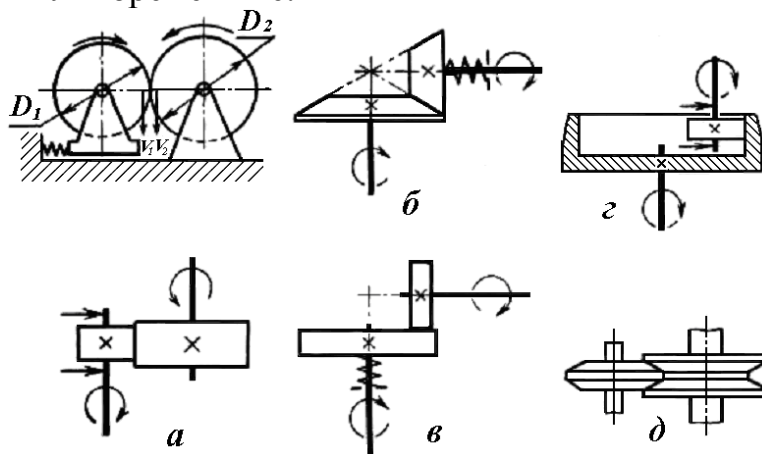


Рис. 2.10. Виды фрикционных передач:

a – цилиндрическая (внешняя); *б* – коническая; *в* – лобовая; *г* – цилиндрическая (внутренняя); *д* – цилиндрическая с клиновым ободом

Ременные передачи состоят из ведущего и ведомого шкивов, охватываемых между собой одним или несколькими бесконечными ремнями (рис. 2.11). Сечение ремня может быть плоским, трапециевидальным (клиноременная передача) и круглым. При вращении ведущего шкива ремень передает движение ведомому за счет сил трения, возникающих между шкивами и ремнем вследствие натяжения последнего. Ременная передача позволяет изменять направление вращения ведомого вала относительно ведущего.

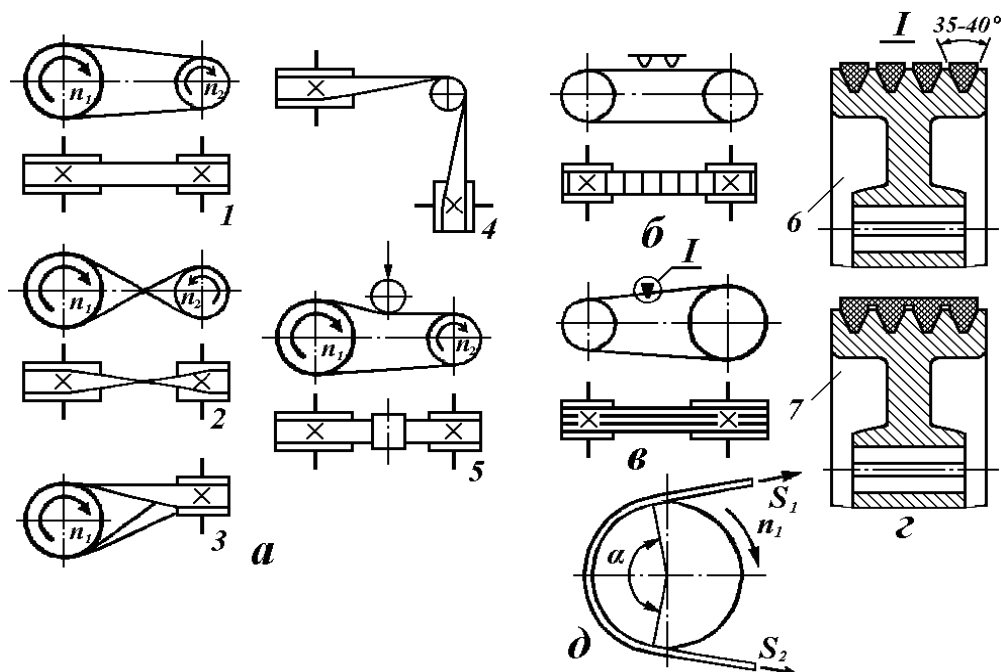


Рис. 2.11. Ременные передачи:

а – плоскоремennая; *б* – с зубчатым ремнем; *в*, *г* – клиноремennая; *д* – схема охвата шкива ремнем; *1* – открытая; *2* – перекрестная; *3* – полуперекрестная; *4* – угловая; *5* – с натяжным роликом; *6* – с клиновыми ремнями; *7* – с поликлиновым ремнем

К ременным передачам условно относят передачи с зубчатыми ремнями, работающие по принципу зацепления. Плоский ремень таких передач имеет на внутренней поверхности зубья трапецеидальной формы, входящие в зацепление со впадинами на шкиве.

По применяемому материалу стандартные плоские ремни бывают прорезиненные тканевые, полиамидные, кожаные, а клиновые – кордтканевые и кордшнуровые. Шкивы передач изготавливают литыми из чугуна, стали или легких сплавов.

Передаточное число ременной дачи:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1 - \varepsilon)}.$$

В ременных передачах так же, как и во фрикционных, имеет место некоторое проскальзывание между элементами передачи (обычно $\varepsilon = 0,01 \dots 0,02$). Передача со ступенчатыми шкивами позволяет изменять число оборотов ведомого вала при постоянном числе оборотов ведущего.

В клиноремennой передаче происходит заклинивание ремня в канавке шкивов, благодаря чему возникает значительное увеличение силы трения между ремнем и шкивом. Клиноремennые передачи применяются для передачи вращения между близко расположенными шкивами, тогда как плоскоремennые передачи применяются для передачи вращения на расстояние до 10...15 м и более.

Для передачи вращения с помощью ремней необходимо, чтобы силы трения, возникающие между ремнем и поверхностями шкивов, были больше, чем передаваемое усилие. Это условие обеспечивается натяжением ремня

путем изготовления его длиной, меньшей расчетной, применением натяжных роликов или установкой натяжных устройств.

Между усилиями в набегающей (S_H) и сбегавшей ($S_{сб}$) ветвях ремня ременной передачи существует зависимость (Л. Эйлера):

$$S_H = S_{сб} \cdot e^{\mu\alpha}; \quad S_H = S_{сб} - P,$$

где e – основание натуральных логарифмов ($e = 2,713\dots$); μ – коэффициент трения между поверхностью ремня и шкива (резина по чугуну $\mu = 0,83$, кожа по металлу без смазки $\mu = 0,56$, со смазкой $\mu = 0,23$); α – угол охвата ремнем ведущего шкива; P – передаваемое окружное усилие, (Н).

Зубчатые передачи могут быть использованы в широком диапазоне мощностей и скоростей. Они обеспечивают постоянство передаточного числа, надежны и компактны. В настоящем учебнике приводятся лишь некоторые сведения по теории и расчету зубчатого зацепления, необходимые для понимания особенностей данных передач.

Зубчатая передача состоит из пары или нескольких пар колес, имеющих на ободе зубья специального профиля. Шестерней называют меньшее зубчатое колесо, а колесом – большее. Зубья ведущего колеса, входя в зацепление с зубьями ведомого колеса, передают усилие и вращают это колесо.

Зубчатая передача может применяться как для передачи вращательного движения, так и для преобразования вращательного движения в поступательное (зубчатое колесо и зубчатая рейка).

В зависимости от расположения геометрических осей валов передачи в пространстве различают следующие основные типы передач (рис. 2.12):

1) цилиндрические зубчатые передачи с прямыми (рис. 2.12, а), косыми (рис. 2.12, б) и шевронными (рис. 2.12, в) зубьями, применяемые при параллельном расположении валов;

2) конические зубчатые передачи с прямыми (рис. 2.12, г) и различного типа спиральными (рис. 2.12, д) зубьями, применяемые при пересекающихся валах.

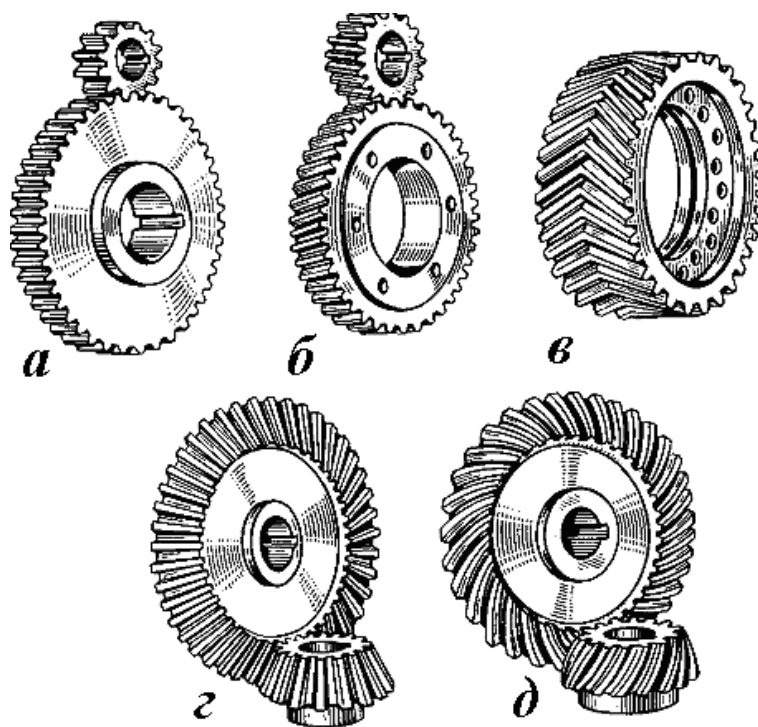


Рис. 2.12. Зубчатые передачи:

цилиндрические с прямыми (а), с косыми (б), с шевронными (в) зубьями; конические с прямыми (г), со спиральными (д) зубьями

Зубчатые колеса изготавливают чугунами, стальными (литыми, коваными и сварными) и пластмассовыми.

В зависимости от скорости движения, точности монтажа и способа смазки зубчатые передачи подразделяются на открытые и закрытые. Открытые передачи не имеют защитного кожуха и периодически смазываются консистентной смазкой. Полуоткрытые передачи отличаются от открытых наличием кожуха. Закрытые передачи располагают в жестком литом или герметичном сварном корпусе, в котором нижняя часть зубчатых колес окунается в масло, залитое в картер. Возможна смазка струей масла под давлением.

В подавляющем большинстве случаев профиль боковой поверхности зубьев образуется кривой, получившей название *эвольвенты*. Центры пары эвольвентных зубчатых колес, находящихся в зацеплении, лежат на линии центров $O_1 O_2$ (рис. 2.13, а). Если из центров O_1 и O_2 провести две касающиеся друг друга окружности, называемые начальными, отношение диаметров которых $d_k/d_{ш}$ будет обратно пропорционально отношению чисел оборотов, то эти окружности будут катиться одна по другой без скольжения.

Расстояние t между одноименными точками двух соседних зубьев, измеренное по начальным окружностям, называется шагом зубчатого колеса. Шаг двух, находящихся в зацеплении зубчатых колес, должен быть одинаков. Основными параметрами, характеризующими зубчатое колесо и позволяющими вычислить его размеры, являются шаг t и число зубьев z .

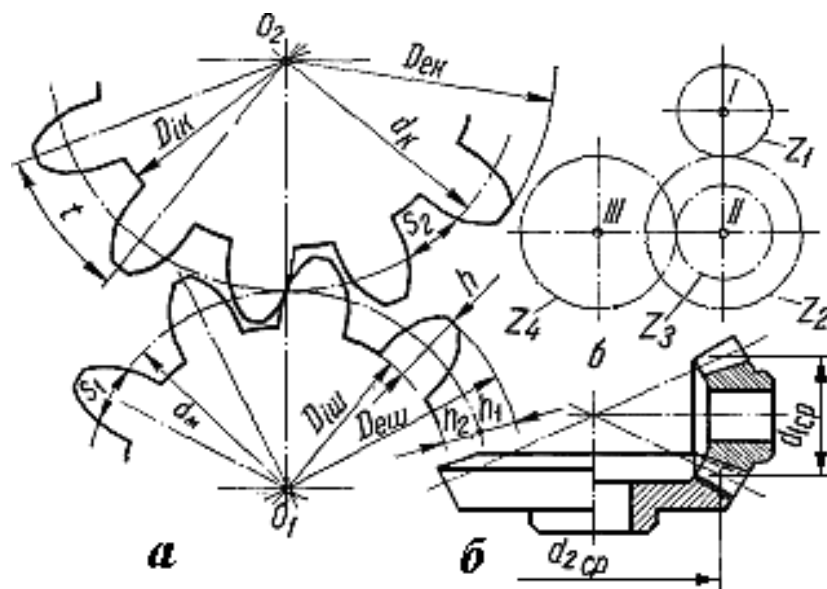


Рис. 2.13. Схемы зубчатых передач

Выражая длину начальной окружности $\pi \cdot d_k = t \cdot z_k$, определим $d_k = t \cdot z_k / \pi$. Величину t/π называют модулем зацепления и обозначают m , тогда $d_k = m \cdot z_k$, откуда $m = d_k / z_k$. Модуль, как и шаг, характеризует размеры зуба и выражается в миллиметрах. Для удобства расчетов и производства зубчатых колес величины модулей стандартизованы. По ГОСТу предусмотрен ряд, состоящий из 48 модулей в пределах от $m = 0,3$ до $m = 50$. Наиболее часто в машинах применяют модули 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16 мм. Окружность, ограничивающая выступающие части зубьев ($D_{\text{еш}}$ и $D_{\text{ек}}$), называется окружностью выступов. Окружность, ограничивающая основания зубьев ($D_{\text{иш}}$ и $D_{\text{ик}}$), называется окружностью впадин.

Начальная окружность делит высоту зуба h на две части: h_1 – высоту головки зуба и h_2 – высоту ножки зуба. Принимается $h_1 = m$ и $h_2 = 1,2m$, тогда:

$$D_{\text{ек}} = d + 2h_1 = mz + 2m = m(z + 2);$$

$$d_{\text{ик}} = d - 2h_2 = mz - 2,4m = m(z - 2,4).$$

Длина дуги S_1 начальной окружности называется толщиной зуба, а дуги S_2 – шириной впадины; $t = S_1 + S_2$ и $S_1 = 0,5t$. Размер зуба, перпендикулярный к торцу колеса, называется длиной зуба b .

Все приведенные сведения относятся к эвольвентному зубчатому зацеплению. Применяют также циклоидальное зубчатое зацепление и зацепление Новикова, в котором профили зубьев очерчиваются дугами окружностей, что обеспечивает ряд преимуществ – пониженные контактные напряжения, лучшие условия смазки, постоянное направление скорости скольжения на рабочем профиле зуба, повышенную долговечность и несущую способность зубчатых колес.

Передаточное число зубчатой передачи можно выразить в виде:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_k}{d_{\text{иш}}} = \frac{z_k}{z_{\text{иш}}}.$$

С увеличением передаточного числа, число зубьев ведомого колеса увеличивается, из-за этого ограничивают передаточные числа величиной $i = 8$. При необходимости получить передачу с большим передаточным числом применяют двухступенчатую или многоступенчатую передачу (рис. 2.13, б).

Передаточное число между валами I и II , $i_1 = n_I / n_{II} = z_2 / z_1$, а между валами II и III $i_2 = n_{II} / n_{III} = z_4 / z_3$. Перемножая эти передаточные числа, получим общее передаточное число многоступенчатой передачи $i = i_1 i_2 = z_2 z_4 / z_1 z_3$.

Благодаря компактности, малой массе и возможности использования в качестве редукторов с большими постоянным и переменным (коробки передач) передаточными числами широко применяются в конструкциях современных строительных машин планетарные передачи. Они применяются в ходовых и поворотных устройствах стреловых самоходных и башенных кранов, одноковшовых экскаваторов, приводах ленточных конвейеров и ручных машин.

Планетарные передачи, включают в себя зубчатые цилиндрические колеса с перемещающимися осями (рис. 2.14). Такая передача состоит из центральной (солнечной) шестерни a с наружными зубьями, зубчатого венца b с внутренними зубьями и водила H , на котором укреплены оси сателлитов (зубчатых колес) g . Вращаясь вокруг своих осей и вместе с осью вокруг солнечной шестерни, сателлиты совершают планетарное движение. В большинстве случаев зубчатый венец b выполняется неподвижным, а водило H – подвижным; при этом движение может передаваться от a к H и наоборот. Передаточное число планетарной передачи: шестерня a – ведущая, $i_{aH}^b = n_a / n_H = 1 + z_b / z_a$, водило H – ведущее, $i_{Ha}^b = n_H / n_a = 1 + z_a / z_b$. Если в такой передаче все зубчатые колеса и водило будут подвижными, то такую передачу называют дифференциальной или дифференциалом.

Косозубые зубчатые колеса (рис. 2.12, б) обеспечивают более плавную работу, но наклон зуба к оси вращения приводит к возникновению осевого усилия, что дополнительно нагружает вал и вызывает необходимость усложнения подшипников. Косозубые колеса обычно применяют в быстроходных передачах при малых передаваемых крутящих моментах. Колеса с шевронным зубом (рис. 2.12, в) обладают всеми преимуществами косозубых, но не имеют их недостатков, так как осевые усилия, возникающие на правой и левой частях зуба, взаимно уничтожаются. Недостатком шевронных колес является сложность их изготовления, поэтому они применяются в наиболее ответственных узлах.

Конические зубчатые колеса применяются на валах, пересекающихся под углом – обычно 90° (рис. 2.12, г, д, 2.13, в). Передаточное число конических зубчатых передач определяется так же, как и для цилиндрических: $i = n_1 / n_2 = z_2 / z_1 = d_{2cp} / d_{1cp}$. Для конических зубчатых колес характерен шаг, переменный по длине зуба (образующей конуса); соответственно переменным будет и модуль. Все расчеты колеса ведутся по среднему модулю, который округляется до стандартного.

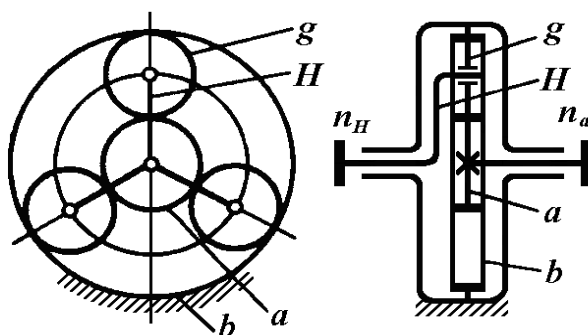


Рис. 2.14. Планетарная передача

Червячные передачи передают вращение между валами, геометрические оси которых скрещиваются в пространстве. Червячная передача состоит из червяка 1 и червячного колеса 2 (рис. 2.15, а).

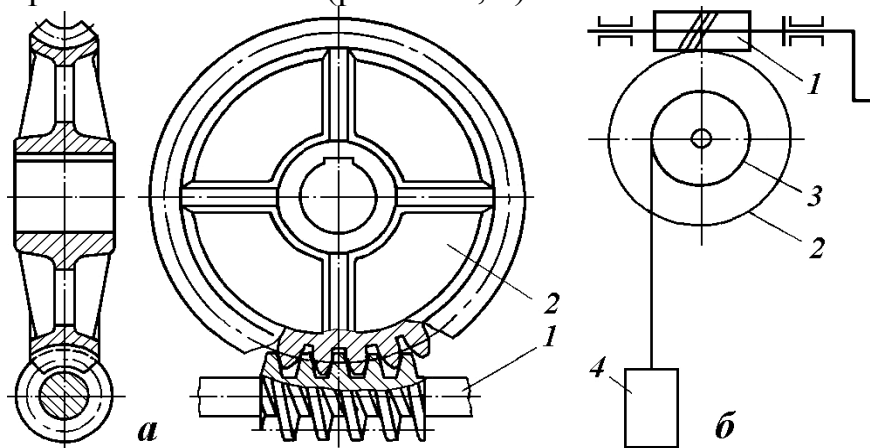


Рис. 2.15. Червячная передача

Червяк – винт с трапецевидной нарезкой, который может быть однозаходным, двух- и многозаходным. Обычно червяки изготавливают из высокопрочной стали. Червячное колесо представляет собой зубчатое колесо с косым зубом и впадиной на ободе, которые соответствуют размерам червяка, так как зуб червячного колеса по дуге охватывает червяк. Угол наклона зуба и шаг червячного колеса соответствуют углу наклона и шагу зубьев червяка. Червячное колесо может быть изготовлено из чугуна, однако наилучшим материалом, обеспечивающим высокую износостойчивость и наименьшие потери на трение, является бронза. Для экономии бронзы обычно из нее выполняют только зубчатый венец, который насаживают на стальную или чугунную ступицу червячного колеса.

При работе червячной передачи ведущим элементом является червяк, который при вращении ввинчивается в зубья червячного колеса, как винт в гайку, и вызывает этим его вращение относительно своей оси.

Передаточное число червячной передачи $i = n_1/n_2 = z_2/z_1$, где z_1 – число заходов червяка, z_2 – число зубьев колеса. Червячные передачи так же, как и закрытые зубчатые, выполняют в виде редукторов, причем последние могут включать в себя одновременно оба вида передач.

Достоинствами червячной передачи являются:

1) возможность получения очень большого передаточного числа (до $i = 100 \dots 200$, а иногда и больше) при малых габаритных размерах;

- 2) плавность и бесшумность работы;
- 3) возможность выполнения самотормозящейся передачи.

На рис. 2.15, б показана схема грузоподъемного устройства с червячной передачей. Вращение рукоятки червяка 1 вызывает вращение червячного колеса 2 и барабана 3. Наматывание каната на барабан приводит к подъему груза 4. При несамотормозящейся передаче груз может упасть, вызывая обратное движение колеса и червяка. При самотормозящейся передаче самопроизвольное опускание груза исключается и отпадает необходимость применения предохранительных устройств (тормозов и пр.). Самоторможение возникает из-за того, что угол винтовой линии червяка меньше угла трения.

К недостаткам червячных передач относятся:

- 1) относительно невысокий к.п.д.;
- 2) нагрев при непрерывной работе;
- 3) необходимость применения дорогой бронзы.

Цепные передачи применяют для передачи вращения между параллельными валами, расположенными на сравнительно большом расстоянии друг от друга, при необходимости обеспечения постоянства передаточного числа. Простейшая цепная передача состоит из двух цепных звездочек 1 и 2 и цепи 3 (рис. 2.16).

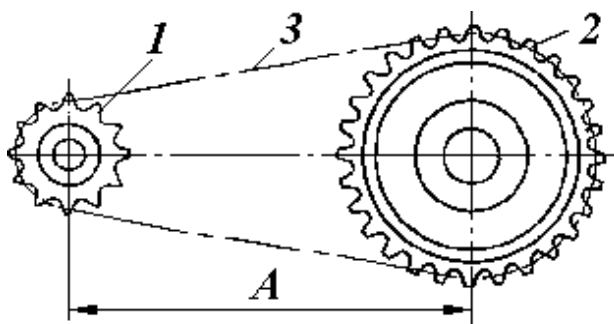


Рис. 2.16. Схема цепной передачи

В машиностроении применяют в основном три типа цепей. Тяговые цепи служат для перемещения грузов в транспортирующих машинах (транспортерах, элеваторах) при скорости до 2 м/сек. Грузовые цепи применяют для подвески и подъема грузов при скорости до 0,25 м/сек. Приводные цепи (рис. 2.17) применяют в цепных передачах при скорости до 15 м/сек, мощности до 110 кВт и при передаточных числах до 8. Основным размером цепи является ее шаг t . Зубчатые цепи сложнее и дороже втулочных и роликовых, однако, обеспечивают плавность и бесшумность работы и поэтому применяются при более высоких скоростях. Цепные звездочки по конструкции напоминают зубчатые колеса, однако имеют другой профиль зубцов и меньшую ширину зубчатого венца. Материалом для изготовления цепных звездочек служат чугун и сталь различных марок.

Основными недостатками цепных передач являются влияние вытягивания цепи на равномерность ее хода, чувствительность к динамическим нагрузкам, необходимость тщательного ухода.

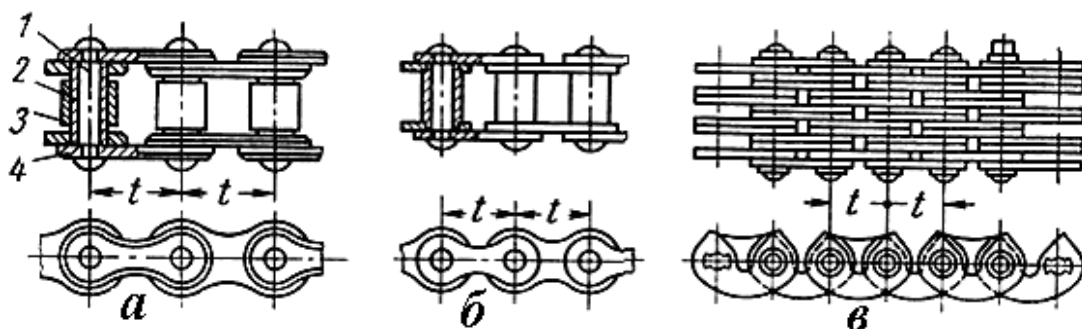


Рис. 2.17. Основные типы приводных цепей:

а – роликовая, *б* – втулочная, *в* – зубчатая; 1 – валик, 2 – втулка, 3 – ролик, 4 – пластина

Шпоночные и шлицевые соединения. Для закрепления на валах и осях вращающихся вместе с ними деталей (зубчатых колес, шкивов, барабанов, муфт и др.) применяют специальные детали, называемые шпонками. На валу 3 и в ступице 4 закрепляемой на нем детали (рис. 2.18, *а*) вырезается канавка, соответствующая размерам шпонки. Шпонка, введенная в образовавшийся паз, может передавать крутящий момент от вала к закрепляемой на нем детали и наоборот. Размеры шпонок стандартизованы и выбирают их по диаметру вала (ГОСТ 23360–78 для призматических шпонок 1 и ГОСТ 24078–80 для сегментных 2). Реже применяются клиновые шпонки, вызывающие дополнительные напряжения в соединяемых деталях.

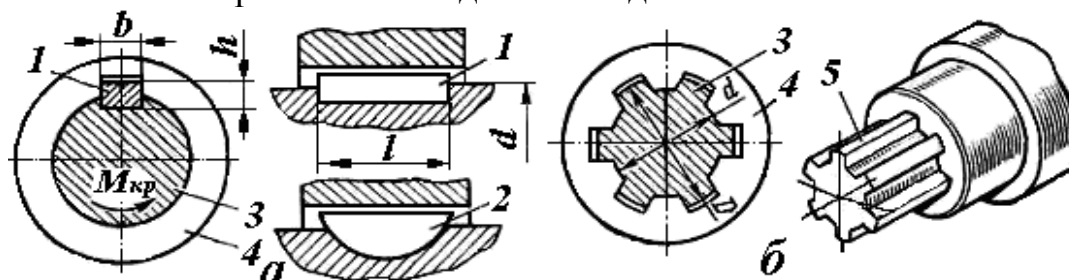


Рис. 2.18. Шпоночное (*а*) и шлицевое (*б*) соединения:

1 – призматическая шпонка; 2 – сегментная шпонка; 3 – вал; 4 – тело вращения (втулка, шестерня, шкив и др.); 5 – шлицы

Напряжения среза и смятия в шпонках определяют по формулам:

$$\tau_{\text{ср}} = 2M_{\text{кр}} / (b l_p d) \leq [\tau_{\text{ср}}], \quad \sigma_{\text{см}} = 4M_{\text{кр}} / (h l_p d) \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент; d – диаметр вала; b , h , l_p – соответственно ширина, высота и рабочая длина шпонки.

Если расчет показывает, что шпонка перенапряжена, то устанавливают две шпонки (под углом 180°) или три (под углом 120°).

В авто- и тракторостроении, а также в строительном и дорожном машиностроении, станкостроении и др. большое распространение получили шлицевые соединения (рис. 2.18, *б*). При этом соединении на валу вырезают неглубокие канавки, число которых может быть различно. Образовавшиеся выступы могут быть прямоугольными, треугольными или иметь эвольвентную форму. Отверстие в ступице детали 4 закрепляемой на валу 3 имеет форму, соответствующую профилю канавок и выступов на валу.

К преимуществам шлицевых соединений по сравнению со шпоночными относятся: меньшее ослабление вала, лучшее центрирование детали на валу и большая поверхность контакта, что обеспечивает малые напряжения смятия.

Это делает шлицы незаменимыми в тех случаях, когда необходимо сделать подвижное соединение (перемещение детали вдоль вала во время работы).

Подшипники являются опорами валов и вращающихся осей. По виду трения их делят на подшипники качения и скольжения.

Подшипники качения состоят из внутренних и наружных опорных колец с дорожками качения, по которым перекатываются шарики или ролики, размещенные по дорожкам качения с помощью сепараторов. В некоторых подшипниках сепаратор отсутствует. Подшипники качения имеют небольшие габариты, а из-за незначительности сил трения мало нагреваются при работе. Они отличаются удобством и простотой обслуживания, а также малым расходом смазочных материалов. Смазка подшипников качения может быть жидкой или консистентной.

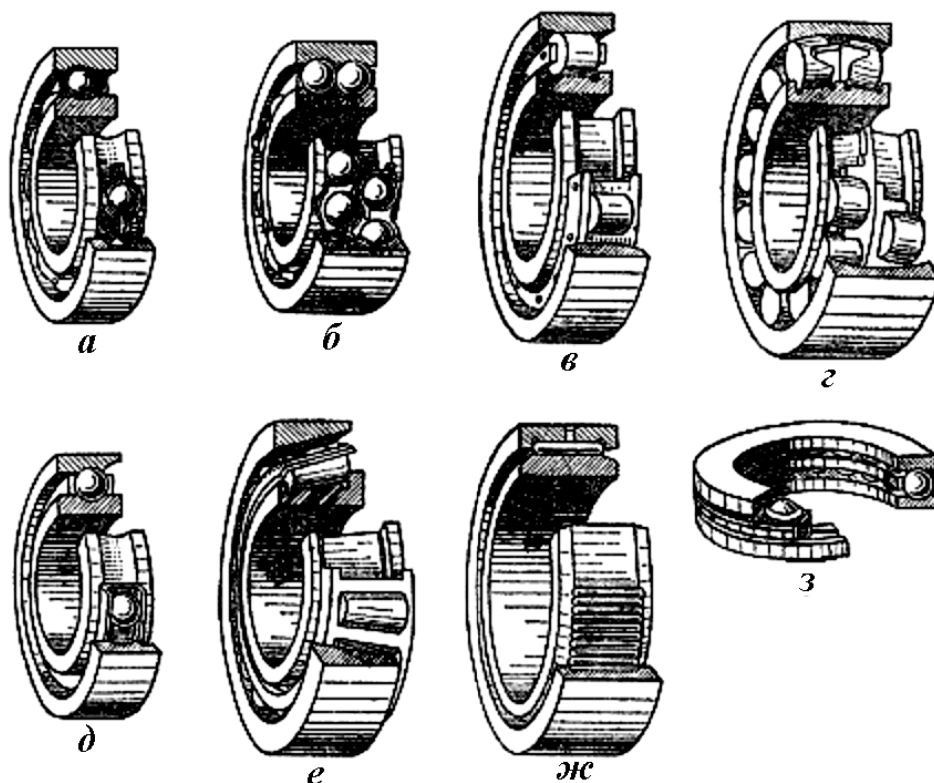


Рис. 2.19. Подшипники качения:

а – шариковый радиальный однорядный; *б* – шариковый радиальный двухрядный; *в* – роликовый радиальный; *г* – роликовый радиальный сферический; *д* – шариковый радиально-упорный; *е* – конический радиально-упорный; *жс* – игольчатый; *з* – упорный шариковый однорядный

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники делят на радиальные, радиально-упорные и упорные (рис. 2.19). Наиболее распространены радиальные несамоустанавливающиеся однорядные (рис. 2.19, *а*, *в*) и самоустанавливающиеся многорядные (рис. 2.19, *б*, *г*) шариковые и роликовые подшипники, которые воспринимают радиальные и небольшие осевые нагрузки. Несамоустанавливающиеся радиально-упорные (рис. 2.19, *д*, *е*) шариковые и роликовые однорядные подшипники воспринимают радиальную и одностороннюю осевую нагрузки. Игольчатые подшипники (рис. 2.19, *жс*) воспринимают только радиальную нагрузку значительной величины при небольших размерах. Упорные несамоустанавливающиеся подшипники (рис. 2.19, *з*) воспринимают только осевую нагрузку.

Расчет подшипников качения ведется на долговечность по динамической нагрузке. Подбор подшипников производится по диаметру вала, статической нагрузке и коэффициенту работоспособности C , который зависит от конструкции, размеров и числа оборотов подшипника:

$$C = Q \cdot (n \cdot h)^{0,3},$$

где Q – условная нагрузка; n – число оборотов в мин; h – число часов работы.

Величина условной нагрузки Q (Н) определяется по формуле:

$$Q = (RK_k + mA)K_d,$$

где R – радиальная нагрузка, Н; A – осевая нагрузка, Н; m – коэффициент приведения осевой нагрузки к радиальной ($m = 0,7 \div 4,5$ для $R/A > 2$); K_k – коэффициент, учитываемый при вращающемся наружном кольце; для сферических подшипников $K_k = 1,1$; для остальных подшипников $K_k = 1,6$; K_d – коэффициент динамичности нагрузки ($K_d = 1,2 \dots 3$).

Подшипники качения стандартизованы и выпускаются серийно на специализированных заводах. Значения величины коэффициентов работоспособности для каждого типоразмера подшипников указаны в ГОСТ и в справочниках.

Подшипники скольжения (рис. 2.20) в общем случае состоят из корпуса, крепящегося к основанию болтами или шпильками, и установленных в нем вкладышей, на которые опираются цапфы осей или валов. Форма рабочих поверхностей подшипников соответствует форме цапф вала. Корпус подшипников выполняют из чугуна, реже из стали. Вкладыши изготавливают из антифрикционных материалов (баббитов, свинцовистых бронз, чугунов, металлокерамики, пластмасс и др.), которые заливают или наплавляют на стальную, чугунную или бронзовую основу.

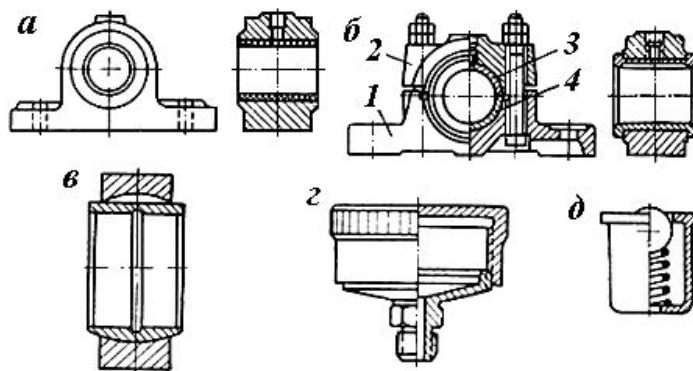


Рис. 2.20. Подшипники скольжения:

a – неразъемные; b – разъемные; $в$ – самоустанавливающаяся; $г$ – колпачковая масленка; $д$ – пресс-масленка

В зависимости от направления действия нагрузок применяются подшипники: радиальные, радиально-упорные и упорные. При вращении оси или вала в подшипнике цапфа скользит по его внутренней поверхности. Чтобы уменьшить трение, износ, нагрев и повысить к.п.д., трущиеся поверхности смазывают.

Применяются различные виды смазочных материалов – жидкие масла (обычно минеральные), консистентные смазки (солидолы) и твердые смазывающие вещества (графит, тальк). Последние применяют в труднодоступных местах, при работе в абразивной среде и при высокой

температуре окружающей среды. Консистентная смазка закладывается в подшипник при сборке или вводится при помощи шприцев или пресс-масленок.

По конструкции подшипники скольжения разделяют на неразъемные и разъемные – наиболее распространенные. В первом случае вкладыши изготавливают в виде втулок (рис. 2.20, а), которые запрессовывают в неразъемные корпуса или крепят к ним с помощью винтов к. В разъемных подшипниках (рис. 2.20, б) устанавливают два вкладыша 3, 4. Болты, соединяющие крышку 2 с основанием 1, стягивают разъемный вкладыш. Самоустанавливающиеся подшипники (рис. 2.20, в) благодаря наличию шаровых опор могут изменять положение в своих гнездах в соответствии с прогибом осей и валов, что исключает перекося валов внутри втулок подшипников; они воспринимают только радиальную нагрузку.

Подшипники скольжения применяют в быстроходных валах, валах большого диаметра и сложной конфигурации, при ударных и вибрационных нагрузках, в воде, в агрессивных средах и при большом загрязнении.

Расчет подшипников скольжения ведется по среднему давлению, возникающему между цапфой и вкладышем. Величина удельного давления p (МПа) должна быть меньше допускаемой величины для данного материала вкладыша:

$$p = \frac{0,1 \cdot P}{d \cdot l} \leq [p],$$

где P – усилие, действующее на подшипник, в кН; d – диаметр цапфы в см; l – длина цапфы в см; $[p] = 5 \dots 20$ МПа (в зависимости от материала вкладыша).

Муфты применяются для соединения валов двигателей и передаточных механизмов или валов двух механизмов, для соединения и разъединения валов во время работы машины с компенсацией неточности установки связываемых механизмов. Они служат для передачи крутящего момента.

По назначению соединительные муфты подразделяются на:

- 1) постоянные муфты – для постоянного соединения валов;
- 2) сцепные муфты, соединяющие и разъединяющие вращающиеся валы на ходу;
- 3) предохранительные муфты, обеспечивающие разъединение вращающихся валов при увеличении нагрузки;
- 4) обгонные муфты (муфты свободного хода), передающие крутящий момент только в одном направлении и автоматически разъединяющие ведущий и ведомый валы при вращении ведомого вала быстрее ведущего.

Постоянные муфты делятся на глухие и подвижные.

Глухие муфты служат для жесткого соединения валов, оси которых точно совпадают и во время работы не смещаются. Сюда относятся втулочные (рис. 2.21, а), продольно-свертные (рис. 2.21, б) и поперечно-свертные фланцевые (рис. 2.21, в, г) муфты.

Втулочные муфты просты по конструкции, однако недостатком их является необходимость раздвижки валов при монтаже и демонтаже. Продольно-свертные муфты удобны тем, что при монтажных работах нет необходимости

раздвигать валы. Поперечно-свертные (фланцевые) муфты состоят из двух полумуфт и бывают двух типов:

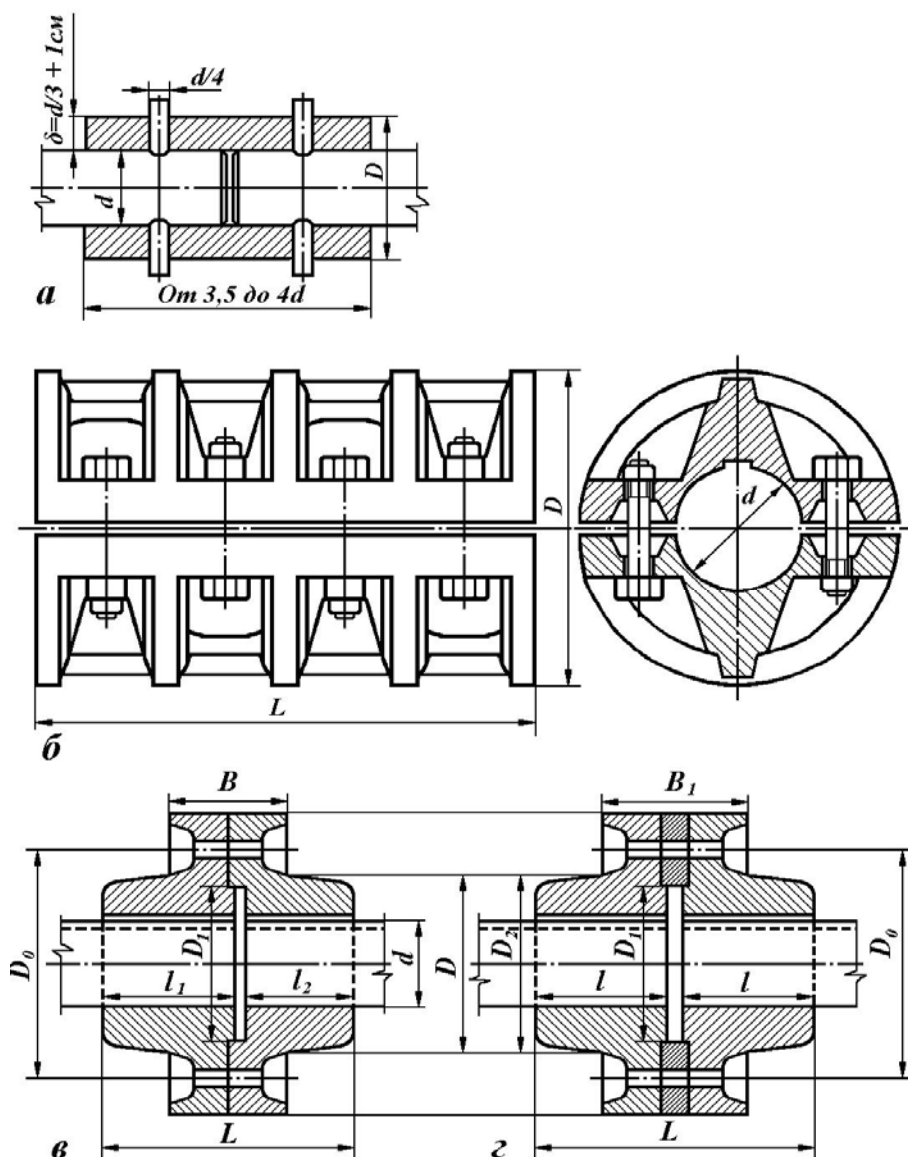


Рис. 2.21. Глухие муфты:

а – втулочная с соединением при помощи конических штифтов; *б* – продольно-свертная муфта; *в* – поперечно-свертная фланцевая (дисковая) муфта без центрирующего кольца; *з* – дисковая муфта с центрирующим кольцом

1. Муфты, в которых болты, соединяющие полумуфты, устанавливаются без зазора и работают на срез. На каждый болт в этом случае действует сила P (Н):

$$P = \frac{2M_{\text{кр}}}{nD_0},$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент, передаваемый муфтой, Н·см; n – число болтов; D_0 – диаметр окружности, на которой расположены болты, см.

2. Муфты, в которых болты устанавливаются с зазором. В этом случае крутящий момент (M_T) передается под действием момента трения, создаваемого затяжкой болтов:

$$M_{\tau} = \frac{n \cdot P_{\text{б}} \cdot \mu \cdot d_{\text{ср}}}{2} \geq M_{\text{кр}},$$

где $P_{\text{б}}$ – усилие, с которым затягивается каждый болт, Н; $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр фланцев муфты, см; μ – коэффициент трения; $\mu = 0,15 \dots 0,2$.

Болты в этих муфтах работают на растяжение:

$$P_{\text{р}} \geq \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{d_{\text{ср}} \cdot n \cdot \mu}.$$

Подвижные муфты допускают относительные смещения соединяемых валов, которые компенсируются подвижностью элементов муфты. К этому типу муфт относятся: упругие (втулочно-пальцевые), цепные, зубчатые, крестовые и шарнирные (карданные) муфты.

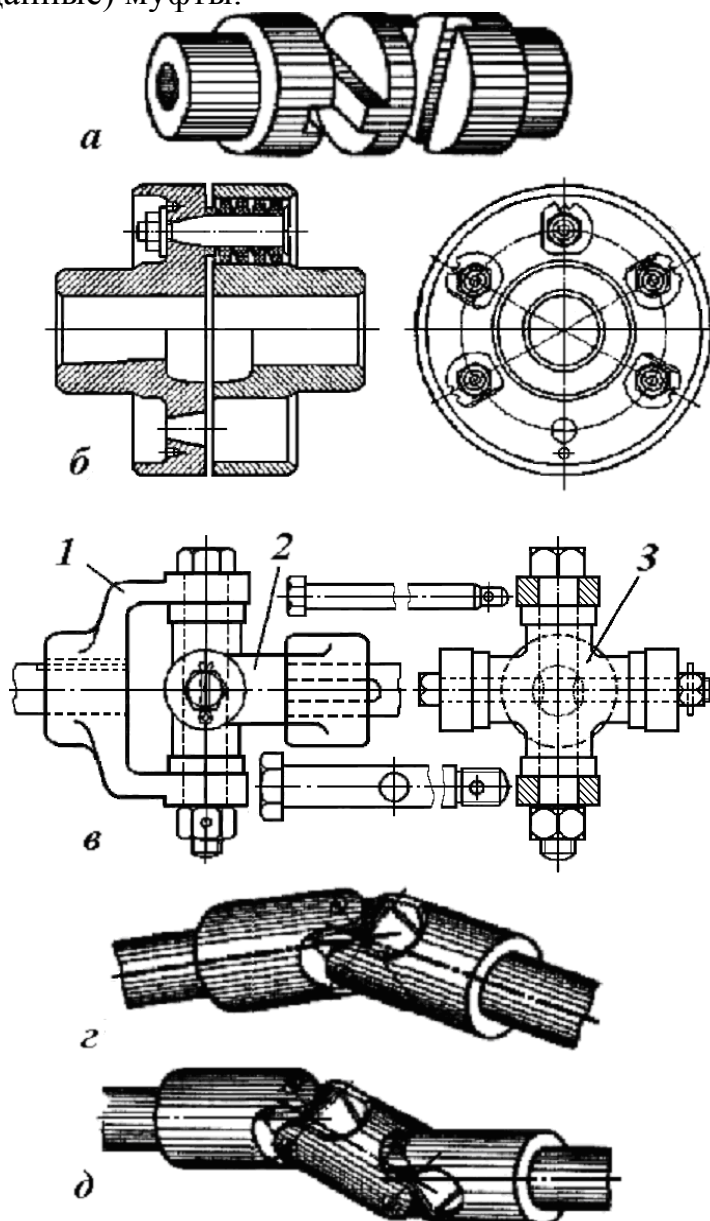


Рис. 2.22. Компенсирующие неразъемные муфты:

а – крестовая; *б* – упругая втулочно-пальцевая; *в* – шарнирная муфта Гука; *з* – передача движения шарнирной муфтой под углом; *д* – карданный вал с двумя шарнирными муфтами

Упругая втулочно-пальцевая муфта (рис. 2.22, б) состоит из двух полумуфт, соединенных болтами. В одной из полумуфт болт упирается в

резиновые втулки, что позволяет компенсировать перекосы валов, которые возникают при монтаже.

Цепная муфта состоит из двух полумуфт-звездочек, на которые надета цепь. Цепные муфты допускают перекося валов до $1,5^\circ$ и радиальное смещение до 2...3 мм.

Крестовая муфта (рис. 2.22, а) состоит из двух полумуфт с прямоугольными пазами и среднего диска с крестообразно расположенными выступами. Муфта этого типа допускает радиальное смещение валов за счет скольжения среднего диска в пазах полумуфт. Недостатком крестовой муфты являются быстрый износ пазов полумуфт и ограниченная скорость вращения валов ($n_{\text{макс}} = 1100 \dots 1200$ об/мин).

Зубчатые муфты состоят из полумуфт, представляющих собой две шестерни, одна из которых с внутренними зубьями, а другая с наружными, при одинаковом числе и модуле зубьев. Возможность некоторого относительного смещения валов достигается большими зазорами в сопряжении между зубьями. Часто применяются в сочетании с редукторами.

Шарнирные (карданные) муфты (рис. 2.22, в, г, д) применяются для передачи вращения между валами, расположенными под углом друг к другу, причем этот угол в процессе работы может меняться. Возможность передачи вращения под углом до $25 \dots 30^\circ$ достигается наличием двух шарниров, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Шарнирные муфты Гука включают закрепленные на концах соединяемых валов вилки 1 и 2, расположенные во взаимно перпендикулярных плоскостях; крестовина 3 служит для соединения обеих вилок. Спаривая две муфты, можно передавать вращение между смещенными валами. Карданные валы с двумя шарнирами Гука применяют в автомобилях и других машинах для передачи крутящего момента к ведущим колесам, которые при движении меняют положение относительно ходовой рамы.

Компенсирющие неразъемные муфты дают возможность валу свободно удлиняться и укорачиваться при изменении взаимного положения ведущего и ведомого валов, как это имеет место в трансмиссии автомобиля, где движение на карданный вал передается через муфту со шлицами, или при изменении температуры валов.

Сцепные муфты применяются в том случае, когда в процессе работы механизма необходимо периодически соединять и разъединять валы. Сцепные муфты по конструкции разделяются на кулачковые, фрикционные, пневмокамерные, электромагнитные и гидравлические (будут рассмотрены в 2.3).

Кулачковая муфта (рис. 2.23, а) состоит из двух полумуфт, имеющих на торцах кулачки (выступы). Одна из полумуфт, неподвижная в разомкнутом состоянии, жестко закреплена на одном из валов. Другая, подвижная, полумуфта установлена на другом валу на шлицах и имеет возможность перемещаться вдоль вала. Соединение валов достигается сцеплением кулачков обеих полумуфт. Кулачковые муфты применяют в случае, когда не допускается проскальзывание одного вала относительно другого. Вместо кулачков могут

быть торцевые зубья. Так как включение кулачковых и зубчатых сцепных муфт на ходу сопряжено с опасностью поломки кулачков или зубьев, оно производится обычно с предварительным остановом ведущего вала или на очень медленном ходу.

Фрикционные муфты обеспечивают возможность плавного соединения ведущего вала с ведомым. Достоинством фрикционных муфт является возможность включения их на ходу. При включении муфты вначале имеет место проскальзывание ведомого элемента муфты относительно ведущего, вследствие чего число оборотов и крутящий момент на ведомом валу нарастают плавно, не перегружая трансмиссию. Недостатком, фрикционных муфт является износ трущихся поверхностей при частом включении привода.

В зависимости от формы трущихся поверхностей фрикционные муфты разделяются на дисковые, конусные и муфты, имеющие цилиндрическую рабочую поверхность.

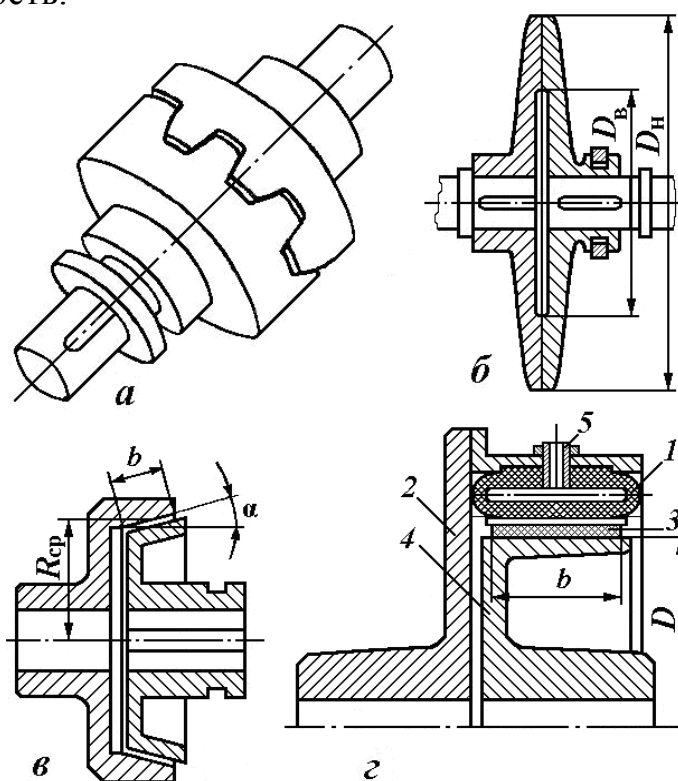


Рис. 2.23. Разъемные (сцепные) муфты:

а – кулачковая; *б* – фрикционная дисковая; *в* – фрикционная конусная; *г* – пневмокамерная

Дисковые муфты (рис. 2.23, *б*) наиболее просты по конструкции и удобны в эксплуатации. Они бывают однодисковые и многодисковые. В дисковой муфте величина создаваемого момента трения зависит от силы, с которой диски прижимаются друг к другу, и от коэффициента трения между дисками, а в многодисковых – и от количества дисков. Величина крутящего момента $M_{кр}$ (Нсм), передаваемого муфтой:

$$M_{кр} = \frac{PD_{ср}\mu}{2\beta} \cdot (n - 1),$$

где P – сила нажатия дисков, Н; $D_{ср}$ – средний диаметр дисков, см; n – количество дисков; β – коэффициент запаса ($\beta = 1,25 \dots 1,5$); μ – коэффициент трения ($\mu = 0,08 \dots 0,15$ – работа со смазкой, $\mu = 0,15 \dots 0,3$ – работа без смазки).

Для увеличения коэффициента трения μ на поверхности дисков крепятся пластины фрикционного материала; они проверяются на допустимое удельное давление p (МПа):

$$p = \frac{4 \cdot 10^2 \cdot P}{\pi(D_H^2 - D_B^2)} \leq [p],$$

где D_H и D_B – наружный и внутренний диаметры диска, см; $[p]$ – допустимое удельное давления МПа (для различных материалов $[p] = 2 \dots 8$ МПа).

Конусные муфты (рис. 2.23, в) по способу управления аналогичны дисковым. Передача крутящего момента происходит при нажатии конических поверхностей трения ведущей полумуфты на конические поверхности ведомой.

Преимуществом конусных муфт перед дисковыми является меньшее осевое усилие, требующееся для передачи такого же крутящего момента. Благодаря наличию конусной поверхности в результате действия осевой силы P возникает нормальная к конусной поверхности сила N_l , значительно превышающая силу P .

Величина передаваемого крутящего момента:

$$M_{кр} = \frac{P \cdot D_{ср} \cdot \mu}{2\beta \cdot \sin \alpha},$$

где α – угол, наклона образующей конуса к оси муфты.

Ленточные муфты используются при включении барабанов лебедок. Они могут быть с внутренней или наружной лентой, к которой крепятся фрикционные накладки. Включение ленты производится гидравлическим или пневматическим цилиндром.

Пневмокамерные муфты (рис. 2.23, г) широко применяются в строительных и дорожных машинах с двигателем внутреннего сгорания, особенно с пневматическим управлением. Резиновая пневмошина 1 крепится внешней поверхностью к ободу полумуфты 2. На внутренней поверхности шины закрепляют колодки 3 из антифрикционного материала. При подаче через штуцер 5 сжатого воздуха в камеру шины колодки прижимаются к полумуфте 4 с силой, необходимой для передачи крутящего момента. При выключении муфты колодки возвращаются в исходное положение пластинчатыми пружинами. При подаче воздуха в пневмокамеру последняя расширяется и прижимает колодки к ободу ведомого барабана. Муфта обеспечивает плавное сцепление, отсутствие осевых и радиальных нагрузок на вал и компенсирует несоосность валов. Крутящий момент $M_{кр}$ (Н·м), передаваемый пневмокамерной муфтой:

$$M_{кр} = \frac{2\pi R^2 b \mu}{\beta} \cdot [p],$$

где R – радиус поверхности трения, см; b – ширина колодок, см; $[p]$ – расчетное рабочее давление в пневмосистеме.

Электромагнитная муфта в ведущей части имеет встроенную катушку постоянного тока. Ведомая часть представляет собой фланец с двумя

цилиндрическими, концентричными обечайками. Пространство между ведомой и ведущей частями, ограниченное уплотнителями, заполнено ферромагнитным порошком. При включении тока частицы порошка в зазорах между обечайками располагаются цепочками по направлению магнитных силовых линий. Усилия, необходимые для разрыва этих цепочек, составляют в сумме окружное усилие, передаваемое муфтой. Время разгона и величина передаваемого момента соответствуют закону их нарастания и могут регулироваться величиной тока.

Предохранительные муфты служат для защиты механизмов машины от внезапной перегрузки. По конструкции предохранительные муфты могут быть кулачковые (со скошенными кулачками) или фрикционные. Усилие нажатия дисков регулируется на передачу определенного момента, при превышении которого происходит проскальзывание полумуфт.

Обгонные муфты или самоуправляемые муфты свободного хода аналогичны роликовым остановам (рис. 2.50, б). Они состоят из двух полумуфт – наружной 1 и внутренней 2, установленных на соосных валах. Внутренняя полумуфта (звездочка) образует с наружной обоймой клиновидные пазы, в которых размещены ролики 3, поджатые пружинами 4. Если ведущей полумуфтой является звездочка, то сцепление валов происходит при вращении ее по часовой стрелке, если ведущей полумуфтой является обойма, то сцепление валов произойдет при вращении ее против часовой стрелки. Если угловая скорость ведомого вала будет больше, чем ведущего, то произойдет автоматическое размыкание кинематической цепи. Обгонные муфты применяются в гидротрансформаторах, стартерах и других механизмах.

2.2. Энергетическое оборудование

Привод включает в себя энергетическое (силовое) оборудование, трансмиссию и систему управления, предназначенные для приведения в действие рабочих органов и механизмов машины. На строительных машинах сочетают силовые установки с различными трансмиссиями и системами управления.

2.2.1. Основное энергетическое оборудование

В качестве основного энергетического оборудования строительных машин применяют электродвигатели переменного и постоянного тока с питанием от внешней силовой сети и двигатели внутреннего сгорания, не зависящие от внешних источников энергии.

По количеству двигателей различают одноmotorные и многоmotorные приводы, которые иногда называют групповыми и индивидуальными. В групповом все механизмы или отдельные группы приводятся в действие от одной силовой установки, в индивидуальном приводе для каждого механизма имеется своя силовая установка. Индивидуально-групповой привод является комбинацией двух первых.

Многоmotorный привод применяется в машинах с большим количеством механизмов. Он может быть электрическим или комбинированным автономным, когда основной двигатель (дизель) приводит в действие генератор, питающий током индивидуальные электродвигатели (дизель-

электрический привод), гидравлические насосы, нагнетающие рабочую жидкость в гидравлические двигатели (дизель-гидравлический привод), компрессор, питающий сжатым воздухом пневматические двигатели (дизель-пневматический привод) и т.п. Многомоторный привод упрощает кинематику машин (отсутствуют сложные и громоздкие механические трансмиссии), обеспечивает в широком диапазоне плавное бесступенчатое регулирование скоростей механизмов и рабочего органа, позволяет автоматизировать управление.

Вид привода должен соответствовать режиму и условиям работы машины. Мощность N , необходимая для выполнения рабочих операций, ограничивается величиной максимальной мощности силовой установки $N_{\text{макс}}$, которая определяется как произведение

$$N = Pv \text{ или } N = M\omega,$$

где P , M – усилие и момент сопротивления, преодолеваемые исполнительными механизмами; v , ω – линейная и угловая скорости этих механизмов.

Мощность силовой установки наиболее полно используется в тех случаях, когда с увеличением или уменьшением внешней нагрузки силовой привод обеспечивает соответствующее изменение моментов с одновременным соответствующим изменением рабочих скоростей. Это позволяет иметь наибольшую производительность.

Режим нагрузки силовых установок строительных машин неустановившийся, т.е. носит переменный характер. Нагрузка может колебаться в течение рабочего цикла, например, у одноковшовых экскаваторов и бульдозеров. У автогрейдеров колебание нагрузки несколько меньшее. Двигатели же грейдер-элеваторов работают при нагрузках, близких к постоянным. При работе двигателей на неустановившихся режимах нагрузки снижается их мощность, ухудшается топливная экономичность и уменьшается срок службы.

Идеальной по использованию мощности силовой установки внешней характеристикой привода является такая, которая при любом изменении внешних нагрузок обеспечивает постоянство потребляемой мощности: $N = N_{\text{макс}} \eta = \text{const}$, где η – коэффициент полезного действия (к.п.д.) трансмиссии. Эту характеристику выражают зависимостью $v = N/P$ или $\omega = N/M$.

Электродвигатели приводят в действие переносные (ручные), передвижные и стационарные машины, длительное время работающие на одном месте (башенные, козловые и мостовые краны, смесительные установки, конвейеры, насосные установки, и т.п.). Электродвигатели преобразуют электрическую энергию в механическую. Они характеризуются постоянной готовностью к работе, простотой пуска, управления и реверсирования, сравнительно небольшими габаритами и массой, экономичностью, простотой эксплуатации и надежностью в работе, способностью выдерживать кратковременные перегрузки, пригодностью для индивидуального привода

механизмов машин. Основной их недостаток – зависимость от внешнего источника энергии.

Наиболее часто применяются установки с электродвигателями переменного тока, допускающими значительные кратковременные перегрузки. Для привода машин с повторно-кратковременным режимом работы (краны, подъемники и др.) применяют крановые электродвигатели с большой перегрузочной способностью ($\lambda = 3$)

$$\lambda = \frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}},$$

где $M_{\text{макс}}$ – максимальный крутящий момент; $M_{\text{ном}}$ – номинальный (расчетный) крутящий момент.

У обычных электродвигателей $\lambda = 1,5 \dots 2$.

Существенным недостатком электрических двигателей переменного тока является невозможность их регулирования по скорости, т.е. невозможность изменения числа оборотов вала при изменении момента сопротивления (нагрузки). Поэтому в машинах с тяжелым режимом работы (при частых изменениях нагрузки) большее распространение находит электрический привод с двигателями постоянного тока, обладающими удовлетворительной регулировочной способностью. В этом случае привод состоит из сетевого электродвигателя переменного тока или двигателя внутреннего сгорания, на валу которых установлен генератор постоянного тока, питающий электродвигатели. Такие электрические системы называются системами «генератор – двигатель» (Г–Д). Недостатком этого привода является то, что его вес и габаритные размеры в 2...2,5 раза больше привода любого другого типа.

Двигатели внутреннего сгорания применяют в основном в самоходных строительных машинах. Их достоинствами являются автономность от внешних источников энергии, высокая экономичность, небольшой вес, приходящийся на единицу мощности, постоянная готовность к работе. В поршневых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) тепловая энергия сжигаемого в смеси с воздухом топлива преобразуется в механическую энергию вращающегося коленчатого вала. Продукты сгорания (газы) расширяются, давят на поршень, который через шатун передает усилие на коленчатый вал, заставляя его вращаться. Вал двигателя соединяется с трансмиссией машины гидравлической или фрикционной муфтой.

По виду потребляемого топлива и способу его воспламенения различают *карбюраторные* двигатели, работающие на бензине или газе с воспламенением электрической искрой топливовоздушной смеси, приготовленной в карбюраторе, и *дизели*, работающие на дизельном топливе, распыляемом в камере сгорания, где происходит его самовоспламенение в воздухе, нагретом при сжатии. Дизели получили преимущественное распространение благодаря большей (в 1,3...1,5 раза) экономичности, более высокому (на 30...40%) к.п.д. и способности работать на более дешевом топливе. К недостаткам двигателей внутреннего сгорания относятся: невозможность реверсирования и пуска под нагрузкой, сравнительно небольшой диапазон непосредственного

регулирования скорости и крутящего момента, большая чувствительность к перегрузкам, сложность пуска при низких температурах, сравнительно малый срок службы (3000...4000 ч), высокая стоимость эксплуатации.

2.2.2. Промежуточные преобразователи энергии.

Существуют механизмы и оборудование для строительных работ, привод которых непосредственно от двигателей внутреннего сгорания или электродвигателей неудобен или невозможен. Главным образом это относится к ручному инструменту, место и условия, применения которого не позволяют рассчитывать на оперативное подключение к стационарной электрической сети или воздухопроводу. В таких случаях создается передвижная станция из двигателя внутреннего сгорания, пневматического компрессора, маслоснасосного агрегата или электрогенератора, трансформирующих механическую энергию в вид, более удобный для привода инструмента.

Передвижные пневматические компрессоры используются для привода ручных отбойных молотков, перфораторов, буров, свайных молотов. Компрессоры подбираются по рабочему давлению, подаче воздуха и количеству раздаточных патрубков. Чем выше давление и/или подача воздуха, тем более мощный инструмент может использоваться. Число раздаточных патрубков соответствует числу рабочих постов, одновременно снабжаемых сжатым воздухом. По принципу действия различают поршневые, ротационные и винтовые компрессоры.

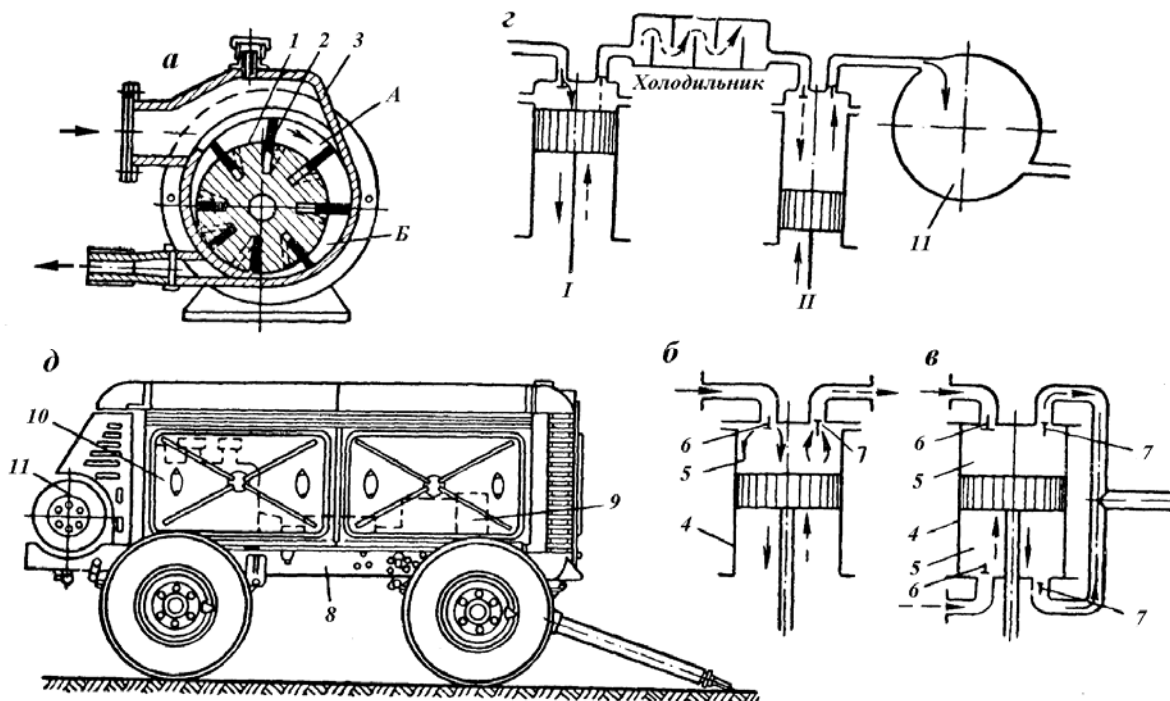


Рис. 2.24. Компрессоры:

I – цилиндр низкого давления; II – цилиндр высокого давления

Ротационный компрессор (рис. 2.24, а) представляет собой помещенный в корпусе 3 ротор 1, в радиальные прорези которого вставлены лопатки 2, прижатые пружинами к внутренней поверхности корпуса. При вращении ротора воздух захватывается лопатками и из полости всасывания А

поступает в полость нагнетания *Б*. За счет разности объема полостей всасывания и нагнетания происходит сжатие воздуха.

В строительстве широко применяют поршневые компрессоры одинарного и двойного действия (рис. 2.24, б, в). Пара «цилиндр – поршень», работает в двухтактном цикле «наполнение – сжатие». В компрессоре одинарного действия цилиндр 4 имеет одну рабочую полость 5, всасывающий 6 и нагнетательный 7 клапаны. В компрессоре двойного действия цилиндр 4 имеет две рабочие полости 5 и две пары всасывающих 6 и нагнетательных 7 клапанов. В таком компрессоре при движении поршня в каждую сторону процесс сжатия происходит попеременно в одной из рабочих полостей его цилиндра. В компрессорах высокого давления воздух может сжиматься дважды (двухступенчатое сжатие) и трижды (трехступенчатое сжатие), но в большинстве строительных компрессоров используется одноступенчатая схема сжатия воздуха. В двухступенчатом компрессоре (рис. 2.24, г, 2.25) воздух последовательно сжимается цилиндрах первой ступени, а затем цилиндрах второй ступени. Воздух, переходя из одной ступени сжатия в другую, охлаждается в холодильнике (воздушном или водяном).

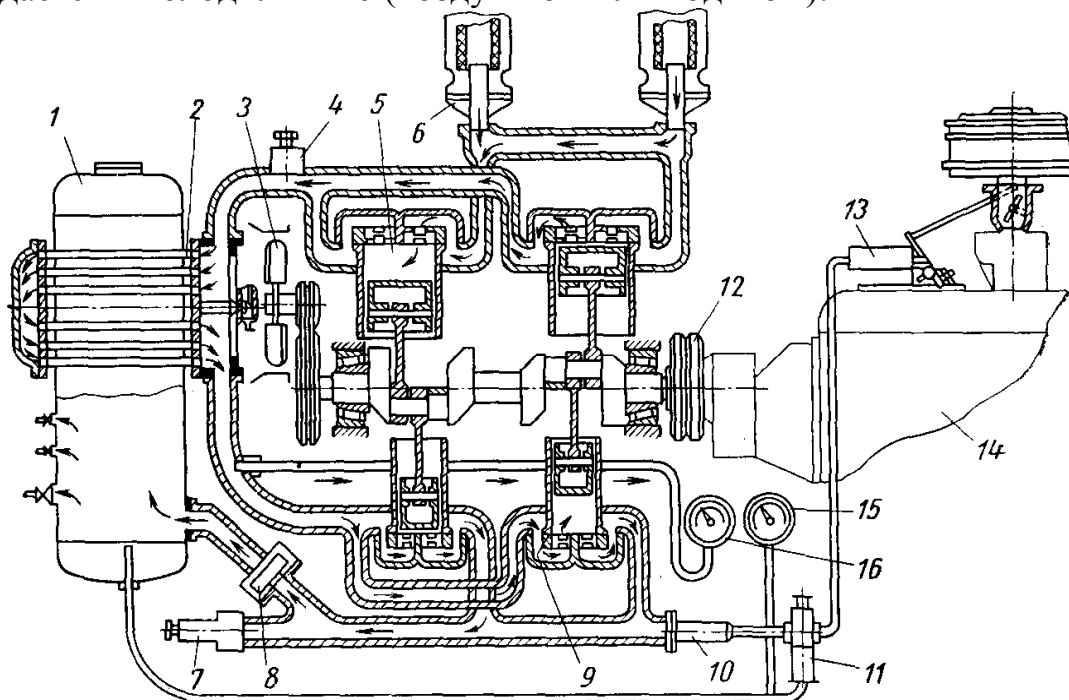


Рис. 2.25. Схема двухступенчатого сжатия в V-образном компрессоре передвижной компрессорной станции:

1 – ресивер; 2 – промежуточный холодильник; 3 – вентилятор; 4, 7 – предохранительные клапаны низкого и высокого давления; 5, 9 – цилиндры первой и второй ступени; 6 – воздушные фильтры; 8 – обратный клапан; 10 – сервомеханизм регулирующего устройства; 11 – датчик; 12 – муфта; 13 – регулятор числа оборотов; 14 – двигатель; 15, 16 – манометры

Компрессоры могут быть стационарные и передвижные. В строительстве применяются, как правило, передвижные компрессоры. В состав прицепной передвижной компрессорной установки (см. рис. 2.24, д) входит сварная рама 8 на пневмоколесном подрессоренном ходу, двигатель 9, компрессор 10 и воздухосборник (ресивер) 11. Применяемые в строительстве компрессорные станции с двигателями внутреннего сгорания имеют производительность 3...10 м³/мин и создают рабочее давление до 0,8 МПа (8 кг/см²). Ресиверы

применяются для аккумуляции сжатого воздуха в период, когда потребление сжатого воздуха меньше производительности компрессора. Кроме того, ресивер уменьшает пульсацию в нагнетательном трубопроводе. Предохранительные клапаны предназначены для выпуска части сжатого воздуха в атмосферу при давлении в системе, превышающем максимально допустимое. Краны управления служат для включения и выключения исполнительных механизмов.

В винтовых компрессорах используются два быстро вращающихся архимедовых винта (рис. 2.26) с хорошо пригнанными друг к другу винтовыми поверхностями, в зазорах между которыми воздух сжимается и выдавливается в напорную магистраль.

Современные пневмокомпрессоры должны оснащаться влагопоглощающими и пылезащитными устройствами. При сжатии неподготовленного воздуха частицы пыли смешиваются с водяным паром, парами горючесмазочных материалов, продуктами сгорания топлива, конденсированной влагой, окалиной и ржавчиной. При этом в компрессоре, воздухопроводах и ресивере образуется абразивная и химически агрессивная эмульсия, выводящая из строя приборы и инструмент и делающая воздух непригодным для пневматических краскопульты. При низких температурах влажный воздух вызывает обмерзание инструмента.

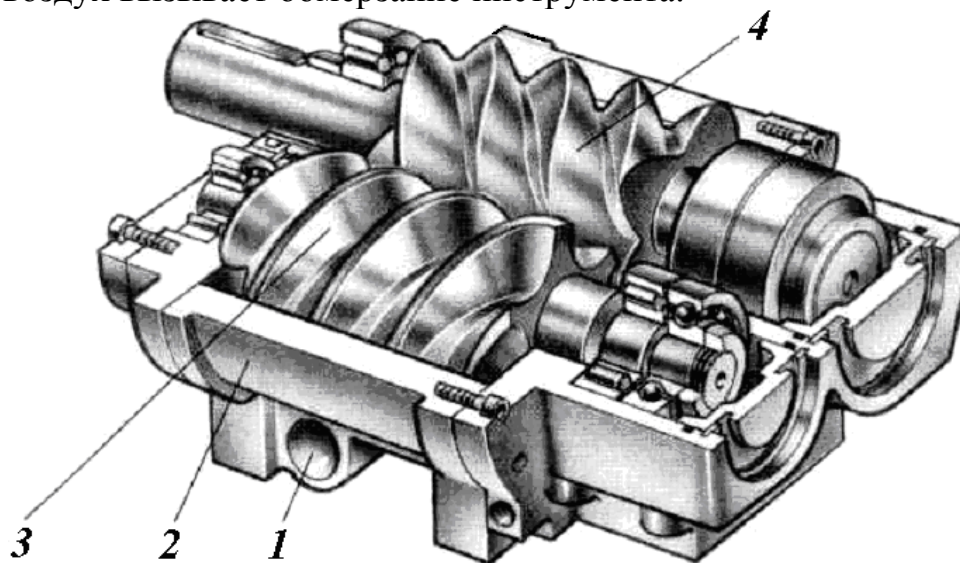


Рис. 2.26. Рабочий орган винтового компрессора:

1 – патрубок напорной магистрали; 2 – корпус камеры сжатия; 3 – ведомый винт; 4 – ведущий винт

Передвижные маслонасосные агрегаты, как и передвижные компрессоры, используются для привода ручного строительного инструмента. К их преимуществам перед компрессорами можно отнести: меньшую массу и габариты агрегата и инструмента; более тонкие и гибкие шланги; меньшую шумность работы агрегата и инструмента; работоспособность при отрицательных температурах; топливную экономичность. Это достигнуто благодаря большому рабочему давлению, отсутствию шума сжатого воздуха при дросселировании, отсутствию водяных паров, замерзающих при расширении сжатого воздуха, меньшим затратам мощности на привод. Еще одним важным преимуществом является широкий набор инструмента,

выпускаемого для таких установок. Кроме привычных отбойных молотков и перфораторов можно использовать отрезные дисковые пилы, водопогружные насосы, строительные дрели и буры. Рабочее давление инструмента подобрано так, чтобы он мог подключаться и к раздаточным патрубкам гидросистем строительных и дорожных машин. Среди недостатков наиболее существенны экологическая агрессивность рабочей жидкости, удвоенное число шлангов (необходима дренажная магистраль), более высокая стоимость эксплуатации. Передвижные маслonaсосные агрегаты монтируются на рамах с полозьями и приспособлены для ручной переноски, что не представляет труда благодаря их небольшой массе.

Автономные электростанции предназначены для привода электрифицированного инструмента и строительного оборудования; освещения места работ; использования в качестве постоянных или аварийных источников электроэнергии в жилых и производственных помещениях, госпиталях, больницах; автономного питания систем связи и охранной сигнализации, военных и других объектов.

Автономные передвижные электростанции постоянного тока используются для питания сварочных установок, в остальных случаях применяются одно- и трехфазные электростанции переменного тока для постоянной или аварийной работы. Электростанции, предназначенные для аварийной работы, работают с нагрузкой примерно на 10% больше, но не более 1...1,5 ч через каждые 10 ч. Они могут оборудоваться системами автоматического поддержания температуры двигателя и заряда его аккумуляторов на уровне, необходимом для немедленного запуска, и автоматического запуска электростанции при аварии электросети.

Электростанции подбираются по необходимому числу фаз, напряжению и частоте тока (для России 50 Гц) и суммарной мощности всех потребителей. В зависимости от мощности электростанции могут быть переносными, прицепными пневмоколесными и стационарными.

2.3. Трансмиссии

Трансмиссия представляет собой разомкнутую систему механизмов для передачи движения и энергии от двигателя к исполнительным органам машины с изменением скоростей, крутящих моментов, направления и вида движения, т.е. систему, имеющую вход и выход. Вход ее соединен с силовой установкой, а выход – с исполнительным механизмом рабочего органа. К основным параметрам входа и выхода относятся: момент $M_{\text{вх}}$, $M_{\text{вых}}$ или усилие $P_{\text{вх}}$, $P_{\text{вых}}$, угловая скорость $\omega_{\text{вх}}$, $\omega_{\text{вых}}$ ($\omega = \pi \cdot n / 30$ рад/с, где n – частота вращения, с^{-1}) или линейная $v_{\text{вх}}$, $v_{\text{вых}}$, а также мощность $N_{\text{вх}}$, $N_{\text{вых}}$.

Показателем, оценивающим эффективность работы трансмиссии как системы, является к.п.д. (η), характеризующий величину потерь на трение при передаче движения:

$$\eta = N_{\text{вых}} / N_{\text{вх}} ; \quad \eta = \frac{M_{\text{вых}} \omega_{\text{вых}}}{M_{\text{вх}} \omega_{\text{вх}}} ; \quad \eta = \frac{P_{\text{вых}} v_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}} v_{\text{вх}}} .$$

Отношения $\omega_{\text{ВЫХ}}/\omega_{\text{ВХ}}$ и $v_{\text{ВЫХ}}/v_{\text{ВХ}}$ характеризуют способность трансмиссии преобразовывать величину угловой или линейной скорости, и называется передаточными отношениями i . Отношения $M_{\text{ВЫХ}}/M_{\text{ВХ}}$, $P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}}$ дают представление о возможности трансмиссии преобразовывать величины момента или усилия. Эти отношения называют коэффициентом трансформации момента или усилия K . Таким образом, для любой трансмиссии справедливо выражение $\eta = K \cdot i$. Общий к.п.д. системы передач определяется как произведение к.п.д. отдельных передач $\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n$.

Передачи могут выполняться с постоянным и переменным (регулируемым) передаточным числом $i = n_{\text{ВХ}}/n_{\text{ВЫХ}}$, определяемым как соотношение частот вращения ведущего и ведомого валов. В передачах понижающих (редукторных) $i > 1$ и $n_{\text{ВХ}} > n_{\text{ВЫХ}}$, а в повышающих (мультипликаторных) $i < 1$ и $n_{\text{ВХ}} < n_{\text{ВЫХ}}$. В строительных машинах в основном применяются понижающие передачи. Передаточное число системы передач определяется как произведение передаточных чисел передач ее составляющих, т.е. $i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n$.

В зависимости от способа передачи энергии трансмиссии делят на механические, электрические, гидравлические и пневматические.

Механические трансмиссии получили широкое распространение в строительных машинах, их достоинством являются простота элементов конструкции и надежность работы. Они характеризуются относительно высокими к.п.д. (0,8...0,95), особенно при переходе к индивидуальному приводу. Недостаток – громоздкость трансмиссии при передаче движения на значительные расстояния и при необходимости разветвления мощности. Характеристика механического привода во многом зависит от внешней характеристики двигателя.

Двигатели внутреннего сгорания и электродвигатели переменного тока обладают незначительной регулировочной способностью, поэтому механический привод имеет внешнюю характеристику, мало соответствующую специфике работы строительных (особенно землеройных) машин. Однако в силу своих достоинств (простота и дешевизна) механический привод до недавнего времени являлся основным типом привода строительных машин, но постепенно вытесняется гидравлическим или электромеханическим.

Механические трансмиссии подразделяют на редукторные и канатно-блочные. Первые представляют собой системы редукторов в сочетании с различными передачами (зубчатыми, карданными, цепными, ременными и др.) (рис. 2.27, 2.28). Составными частями вторых служат лебедки и канатные полиспасты, при этом движение и мощность подводятся к барабанам лебедок редукторной или гидравлической трансмиссией. Важными элементами механических трансмиссий являются тормоза и муфты, в том числе и предохранительные.

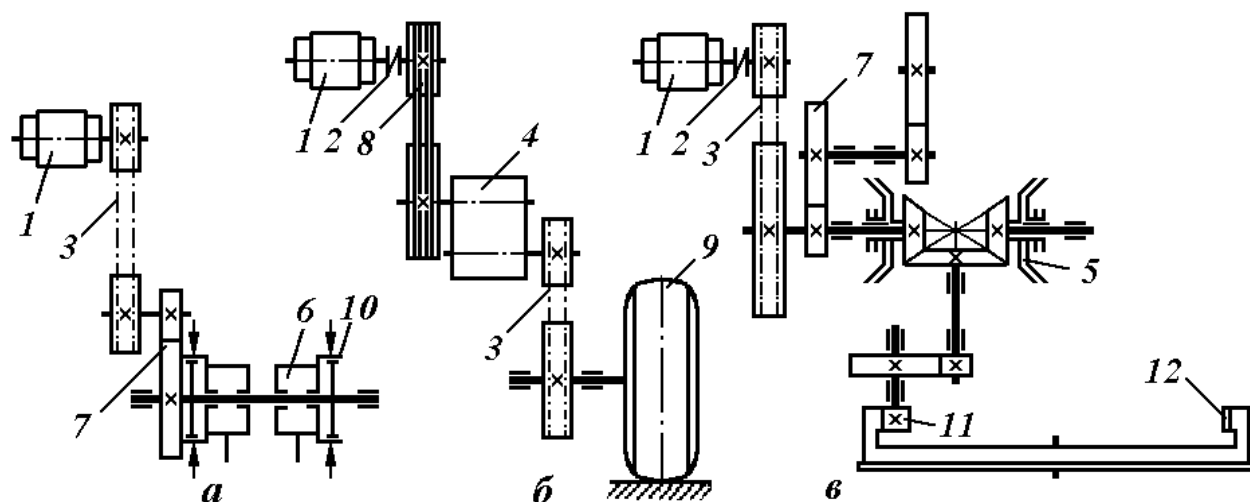


Рис. 2.27. Схема механического привода:

а – привод лебедки; *б* – механизм передвижения; *в* – механизм реверса и поворота экскаватора; 1 – двигатель; 2 – соединительная муфта; 3 – цепная передача; 4 – редуктор; 5 – механизм реверса; 6 – канатный барабан; 7 – зубчатая передача; 8 – клиноременная передача; 9 – колесо с пневматической шиной; 10 – тормоз; 11 – ведущая шестерня; 12 – зубчатый венец механизма поворота

Редукторы служат для увеличения крутящего момента при снижении числа оборотов на выходном валу, а также для распределения мощности силовой установки между механизмами машины. Компоновка редукторов зависит от типа машины и размещения на ней потребителей энергии. Редукторные трансмиссии могут передавать движения только на короткие расстояния. При относительно больших размерах передач, например, на подъемных кранах или экскаваторах с оборудованием драглайна или грейфера, используются канатно-блочные трансмиссии.

Большие размеры элементов механических трансмиссий, сложность управления отдельными звеньями кинематической цепи при передаче мощности от силовых установок к исполнительным механизмам крупногабаритных машин привели к поиску иных видов трансмиссии. К ним в первую очередь следует отнести гидравлические трансмиссии, называемые гидроприводом. Кроме этого недостатком механических трансмиссий является сложность бесступенчатого регулирования частоты вращения и крутящего момента на выходном валу, который может осуществляться только вариаторами. Для смягчения характеристики привода в механические трансмиссии вводят гидродинамические передачи.

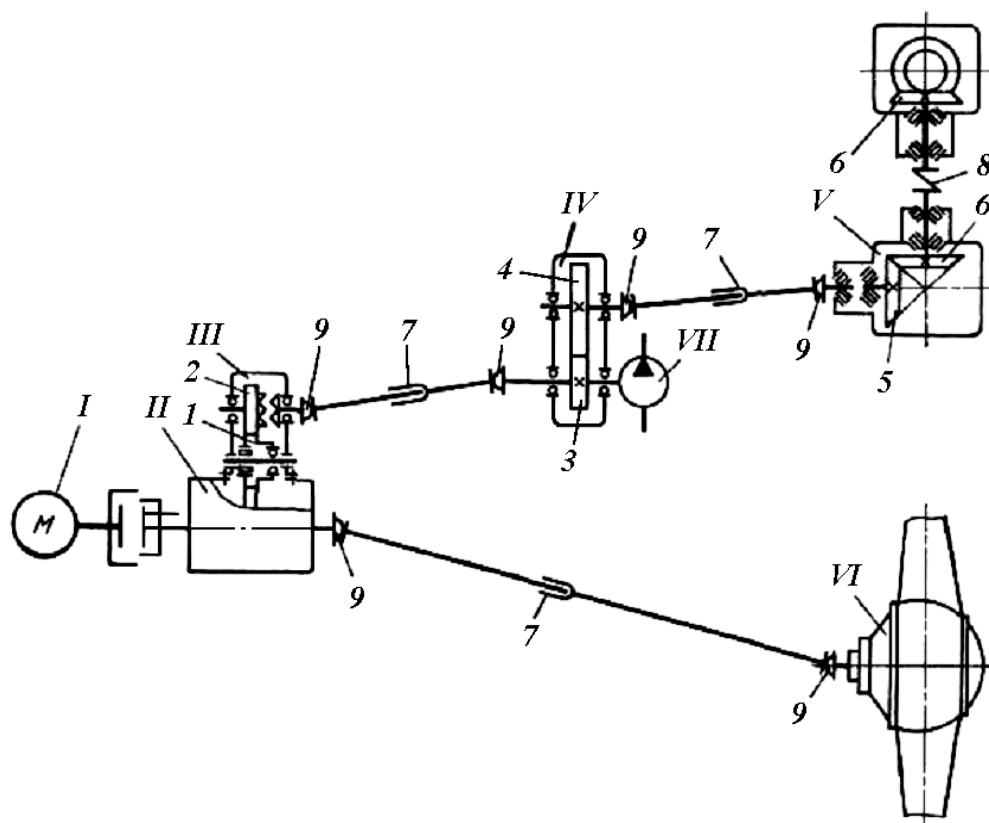


Рис. 2.28. Кинематическая схема механической трансмиссии ходовой части и одного из исполнительных механизмов автомобильного крана:

I – двигатель; *II* – коробка передач автомобиля; *III* – коробка отбора мощности; *IV* и *V* – промежуточные редукторы; *VI* – задний мост автомобиля; *VII* – гидравлический насос; *1...6* – зубчатые колеса; *7* – шлицевые (телескопические) соединения карданных валов; *8* – соединительная муфта; *9* – карданные муфты

Гидравлический привод заменяет жесткую кинематическую связь между ведущей и ведомой частями привода; он разделяется на гидростатический или объемный и гидродинамический.

Объемный гидропривод (рис. 2.29) состоит из энергетической, исполнительной, распределительной частей, трубопровода и резервуара для рабочей жидкости. Энергетическая часть (насос) предназначена для подачи рабочей жидкости под требуемым давлением и состоит из гидрогенератора (насоса или гидроаккумулятора). Насос получает энергию от силовой установки. Исполнительная часть (гидроцилиндры и гидромоторы) преобразуют энергию жидкости в механическую. Распределительная часть обеспечивает распределение и регулирование потока жидкости по величине давления и направлению. В нее входят распределители, дроссели, гидрозамки, предохранительные, обратные и редукционные клапаны и т.д. Число гидрораспределителей определяется числом исполнительных механизмов. Конструктивно гидрораспределители могут быть объединены в блоки.

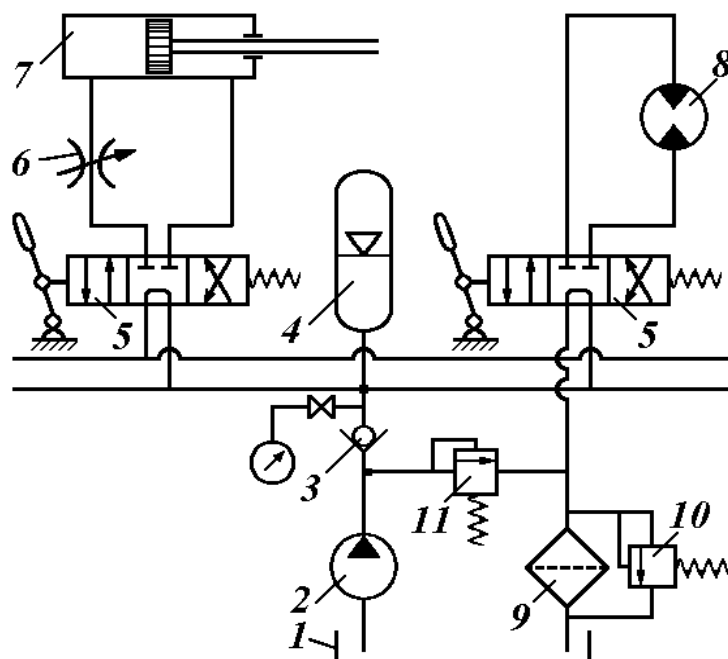


Рис. 2.29. Схема объемного гидропривода:

1 – бак для жидкости; 2 – насос; 3 – обратный клапан; 4 – гидроаккумулятор;
5 – распределители; 6 – дроссель; 7 – гидроцилиндр; 8 – гидромотор; 9 – фильтр; 10 – регулятор давления;
11 – предохранительный клапан

В качестве рабочей жидкости применяют минеральные масла. Основными показателями рабочей жидкости являются: вязкость (внутреннее трение жидкости) – свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной ее части относительно другой; зависимость вязкости от температуры жидкости; температура застывания жидкости; температура ее воспламенения. Последний показатель важен в связи с тем, что в процессе работы жидкость нагревается до значительных температур. Рабочая жидкость при давлениях, создаваемых в гидросистемах строительных машин, практически не сжимаема. Некоторое сжатие наблюдается при наличии мельчайших пузырьков воздуха, растворенных в рабочей жидкости.

Широкое применение объемного гидропривода на строительных и дорожных машинах вызвано рядом преимуществ, среди которых следует выделить: относительно высокий к.п.д. и низкие значения масс и объемов на единицу мощности; возможность бесступенчатого и безредукторного изменения скоростей на выходных элементах; удобство размещения механизмов; постоянство заданных режимов и возможность предохранения системы от перегрузок; малая инерционность вращающихся масс; легкость управления и возможность автоматизации. Применение объемного привода при использовании управляющих устройств позволяет полностью автоматизировать технологический процесс. Особо следует отметить облегчение труда операторов, повышение производительности и маневренности исполнительных органов. Например, поворот ковша на рукояти экскаватора существенно повышает технологические возможности машины.

В строительных машинах применяются шестеренчатые, лопастные, аксиально- и радиально-плунжерные насосы (рис. 2.30).

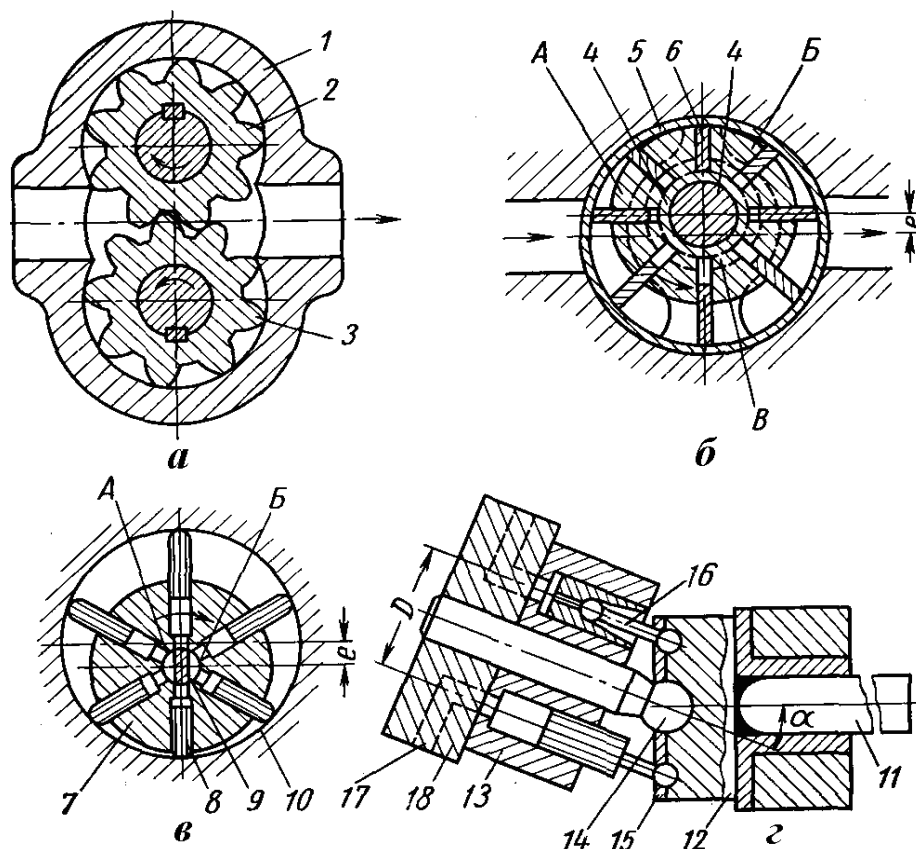


Рис. 2.30. Схемы гидравлических насосов:

а – шестеренчатого; *б* – лопастного; *в* – радиально-плунжерного;
з – аксиально-плунжерного

Широко распространены шестеренчатые насосы (рис. 2.30, *а*), простые по конструкции, надежные в работе и пригодные для использования в режиме гидромотора. Они выпускаются производительностью до 400 л/мин и давлением жидкости до 15 МПа. При вращении шестерен 2 и 3 рабочая жидкость прокачивается между зубьями и корпусом 1.

В радиальных пазах 6 ротора 4 лопастного насоса (рис. 2.30, *б*) установлены подвижные лопасти. Вал ротора расположен эксцентрично по отношению к корпусу 5. При удалении лопастей от точки с минимальным расстоянием между ротором и корпусом увеличивается объем полости, которая заполняется рабочей жидкостью, поступающей через окно А, сообщаемое с всасывающим патрубком насоса. Когда лопасти проходят точку с максимальным расстоянием между ротором и корпусом, пространство между лопастями начинает сокращаться и рабочая жидкость вытесняется в полость нагнетания и через окно В в нагнетательный патрубок насоса. Производительность насоса регулируется путем изменения эксцентриситета e . Постоянное прижатие лопастей к внутренней поверхности статора обеспечивается давлением жидкости, подводимой от полости нагнетания в кольцевой канал В, а также центробежной силой. Максимальное давление лопастных насосов 14 МПа, производительность до 200 л/мин.

Радиально-плунжерный насос (рис. 2.30, *в*) переменной производительности состоит из ротора 7 с цилиндрическими отверстиями, в которых плунжеры 8 совершают возвратно-поступательные движения. Внутри

ротора 7 имеется распределитель жидкости 9 с напорным отверстием *А* и всасывающим отверстием *Б*. Ротор 7 устанавливается в статоре 10 с некоторым эксцентриситетом; за один оборот ротора насоса каждый плунжер совершит два двойных хода: первый от центра всасывания через отверстие *Б* распределителя 9 и далее при вращении к центру нагнетания через отверстие *А* распределителя 9. Пульсация потока зависит от количества плунжеров в ряду; чем их больше, тем равномернее работает насос. Обычно в роторе устанавливается семь или девять плунжеров.

Аксиально-плунжерные насосы (рис. 2.30, *з*) выпускаются постоянной и переменной производительности на давление рабочей жидкости до 35 МПа; производительность их достигает 1000 л/мин; к.п.д. достигает 0,96...0,98. Они могут использоваться в качестве гидромотора. Приводной вал 11 насоса с приваренным к нему диском 12 расположен под углом к цилиндровому блоку 13. Шарниры 14 и 15 укреплены на диске 12. При вращении диск 12 увлекает за собой через плунжеры 16 цилиндровый блок, а плунжеры совершают при этом возвратно-поступательное движение, засасывая рабочую жидкость из канала 17 и нагнетая ее в другой канал, находящийся в распределительном диске 18.

Одной из характеристик насоса является его рабочий объем, т.е. количество жидкости, подаваемое за один оборот. Подача Q насоса определяется как произведение рабочего объема на частоту вращения и коэффициент, характеризующий утечки.

Различают нерегулируемые насосы, у которых угол α между дисками 15 и 18 постоянный, и регулируемые насосы, у которых этот угол можно плавно изменять в процессе работы. При изменении угла будут обратно пропорционально изменяться подача Q рабочей жидкости (производительность насоса) и давление p , развиваемое насосом, при неизменной мощности насоса N , так как $N = pQ$. Причем, если угол α изменить на противоположный, то насос изменит направление подачи жидкости также на противоположное. Регулируемые аксиально-поршневые насосы, снабженные устройствами для поворота оси блока в зависимости от давления в системе, используют для автоматического регулирования усилия и скорости рабочего органа или исполнительного механизма машины при колебаниях внешней нагрузки. В гидроприводах одноковшовых экскаваторов и стреловых самоходных кранов применяют сдвоенные аксиально-поршневые насосы, установленные в одном корпусе. Такие насосы нагнетают рабочую жидкость обычно в две напорные магистрали.

Для защиты системы от чрезмерных нагрузок имеется предохранительный клапан.

Распределители, применяющиеся в объемном гидроприводе имеют назначение — направлять поток жидкости от насоса к рабочим полостям силовых агрегатов и отводить ее из нерабочих полостей в бак. В зависимости от положения распределителя возможны три режима, например, при работе гидроцилиндра: выдвижение штока цилиндра, обратное движение и фиксированное положение. Часто в распределительные устройства

встраиваются предохранительные и регулирующие клапаны, предохраняющие систему от перегрузок.

Бесступенчатое изменение скорости исполнительного механизма достигается *объемным* и *дроссельным* регулированием. При *объемном* регулировании применяется насос переменной производительности, при плавном изменении которой происходит плавное изменение скорости вращения вала гидромотора или движения штока гидроцилиндра. Такой способ регулирования обеспечивает наивысший коэффициент полезного действия в широком диапазоне регулирования.

При *дроссельном* регулировании жидкость, подаваемая насосом, разделяется дросселем на два потока: первый поступает в гидромотор (гидроцилиндр), второй возвращается в бак. Весьма распространены щелевые дроссели, у которых при повороте полый пробки, имеющей прямоугольную прорезь, изменяется площадь проходного сечения, а, следовательно, и расход жидкости. Этот способ регулирования неэкономичен, так как насос постоянно работает при полной нагрузке; применяется он лишь в гидроприводах малой мощности.

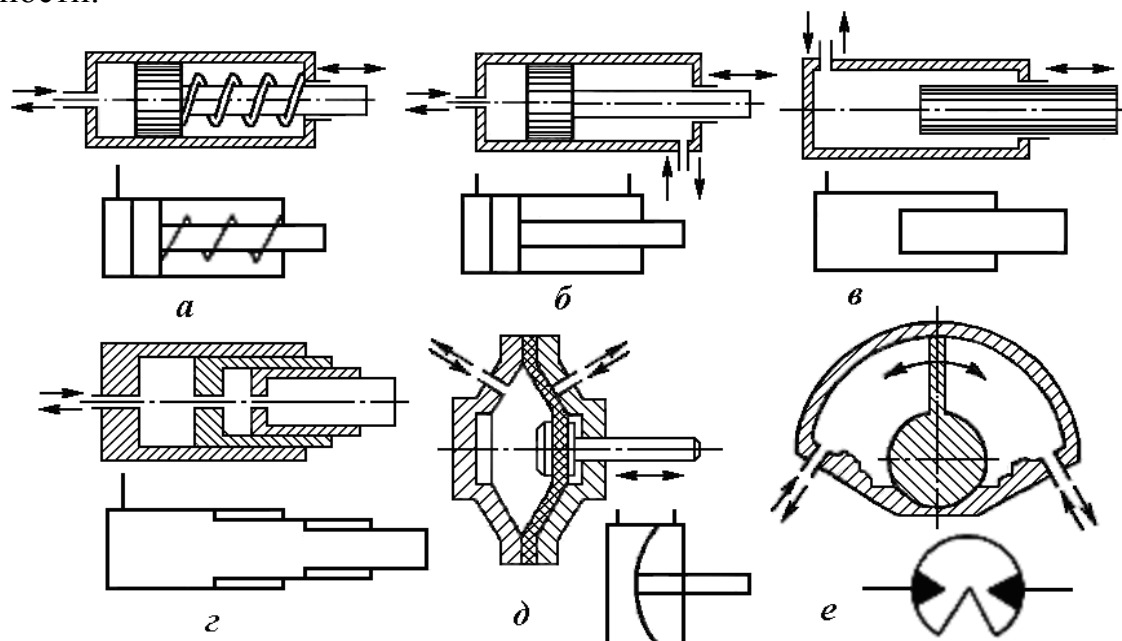


Рис. 2.31. Схемы гидроцилиндров:

а – одностороннего действия; *б* – двустороннего действия; *в* – плунжерный;
г – телескопический; *д* – мембранный; *е* – пластинчатый поворотный

Гидроцилиндр – простейший гидродвигатель прямолинейного поступательного движения (рис. 2.31). В гидроцилиндре одностороннего действия выдвижение штока происходит под действием давления жидкости, а обратное его движение – под действием веса исполнительного механизма, с которым соединен цилиндр. В гидроцилиндре двустороннего действия шток движется в обоих направлениях под давлением рабочей жидкости.

Гидромоторы делятся на низко- и высокомоментные.

Низкомоментные гидромоторы характеризуются $M_{кр} \leq 1 \text{ кН} \cdot \text{м}$ и $n \geq 100$ об/мин и поэтому в строительных машинах, требующих высоких крутящих моментов при сравнительно небольших скоростях движения, применяются в

комплексе с редукторами. В качестве низкомоментных гидромоторов обычно используются нерегулируемые насосы постоянной производительности.

Высокомоментные гидромоторы ($M_{кр} \geq 1$ кН·м и $n \leq 100$ об/мин) встраиваются в рабочие органы машин без вспомогательных редукторов. Привод с такими гидромоторами имеет меньшие габаритные размеры, вес и инерционность вращающихся частей, большие общий к.п.д. и надежность в работе. Наиболее распространены радиально-плунжерные высокомоментные гидромоторы (рис. 2.32). Насос подает рабочую жидкость в распределитель 1, откуда она направляется в цилиндры гидромотора 2 под плунжеры 3; последние передают усилие на шатуны 4, далее – на игольчатые подшипники, ролики и профильную направляющую корпуса 5, где происходит разложение усилия на составляющие. Тангенциальные составляющие усилия заставляют ротор 6 гидромотора вращаться. В каждый данный момент из девяти плунжеров в работе (под давлением) находятся четыре или пять, а остальные вытесняют жидкость в сливную магистраль при своем движении к центру. Направление вращения гидромотора определяется направлением потока подводимой рабочей жидкости.

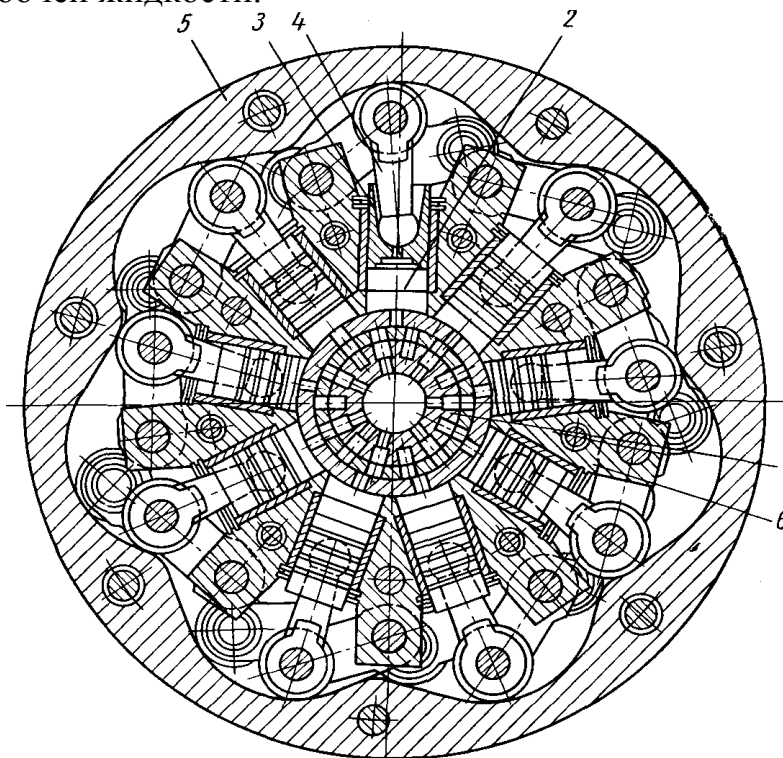


Рис. 2.32. Радиально-плунжерный высокомоментный гидромотор

Гидродинамический привод представляет собой элемент трансмиссии – гидромуфту или гидротрансформатор, устанавливаемые между двигателем и коробкой передач (рис. 2.33). Включение в трансмиссию гидромуфты и особенно гидротрансформатора существенно меняет характеристику привода, приспособлявая ее к условиям работы строительной машины.

Гидромуфта (рис. 2.33, б) состоит из двух элементов: насосного колеса 1, установленного на валу 4, соединенном с валом двигателя, и турбинного колеса 2, установленного на валу 5, соединенном с трансмиссией. Оба вала гидромуфты механически не связаны между собой, зазор между колесами – от

3 до 12 мм, в зависимости от размеров рабочих колес. Оба колеса образуют камеру, заполненную жидкостью. Лопатки насосного колеса при вращении отбрасывают к периферии жидкость, сообщая ей кинетическую энергию. Попадая в турбинное колесо, жидкость передает ему полученную энергию и заставляет вращаться в ту же сторону.

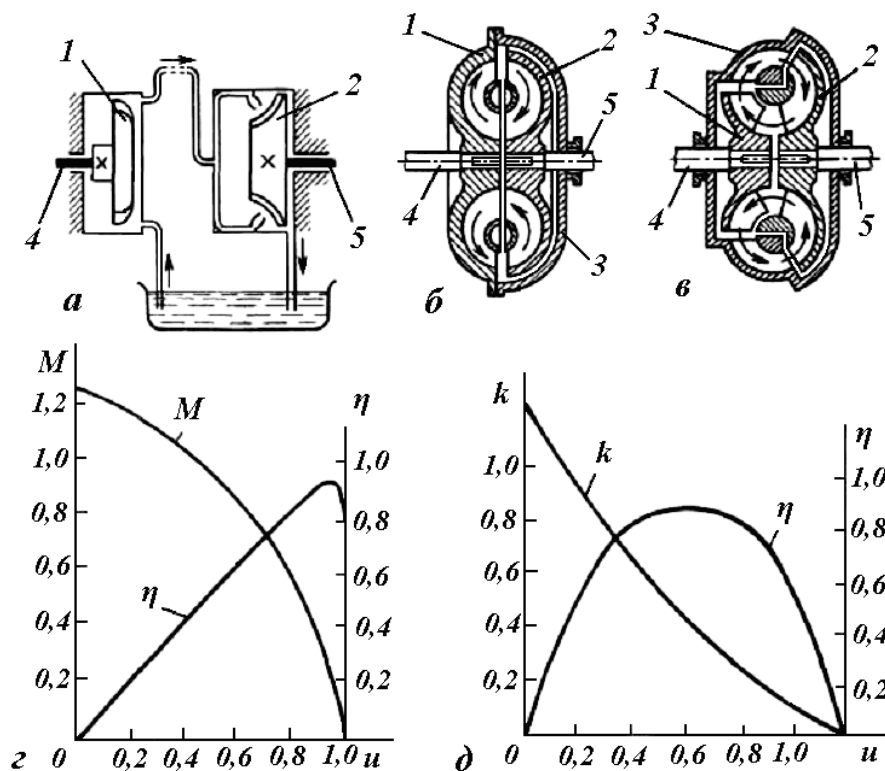


Рис. 2.33. Гидродинамические передачи:

a – принципиальная схема; $б$ – гидромуфта; $в$ – гидротрансформатор; z и d – внешние характеристики гидромуфты и гидротрансформатора (относительные величины); 1 – насосное колесо; 2 – турбинное колесо; 3 – неподвижный направляющий аппарат (реактор); 4 – входной вал; 5 – выходной вал

На рис. 2,33, z представлена внешняя характеристика гидромуфты, показывающая зависимость передаваемого момента M от величины изменения числа оборотов $u = n_2/n_1$, где n_2 – число оборотов турбинного колеса, n_1 – насосного. К.п.д. увеличивается пропорционально увеличению числа оборотов турбины, достигая максимального значения $\sim 0,95$ при минимальных нагрузках. Силовые установки с гидромуфтами позволяют запускать и останавливать двигатель под нагрузкой, снижают динамические нагрузки и защищают двигатель от перегрузок. Недостаток гидромуфт – снижение к.п.д. системы, а также невозможность изменения величины передаваемого крутящего момента двигателя в зависимости от нагрузки. Способностью автоматического изменения величины крутящего момента в зависимости от нагрузки обладают гидротрансформаторы.

Гидротрансформатор (рис. 2.33, $в$) состоит из насосного колеса 1, установленного на ведущем валу 4, турбинного колеса 2, закрепленного на ведомом валу 5, и неподвижного направляющего аппарата 3 (реактора), соединенного с корпусом гидротрансформатора и изменяющего направление и скорость движения жидкости, в результате чего происходит преобразование крутящего момента.

Из рассмотрения внешней характеристики гидротрансформатора (рис. 2.33, д) видно, что коэффициент трансформации момента $K = M_{\text{ВЫХ}} / M_{\text{ВХ}}$, а соответственно, и $M_{\text{ВЫХ}}$ растут с уменьшением u – изменения числа оборотов турбинного колеса. Они достигнут наибольшего значения на полностью заторможенном ведомом валу, когда $u = 0$, т.е. $n_{\text{ВЫХ}} = 0$. Величина крутящего момента на ведущем валу $M_{\text{ВХ}}$ (крутящий момент двигателя) сохраняется постоянной во всем рабочем диапазоне.

Коэффициент полезного действия гидротрансформатора

$$\eta = \frac{N_{\text{ВЫХ}}}{N_{\text{ВХ}}} = \frac{M_{\text{ВЫХ}} n_{\text{ВЫХ}}}{M_{\text{ВХ}} n_{\text{ВХ}}}; \quad \eta = K \cdot i, \text{ т.к. } \frac{M_{\text{ВЫХ}}}{M_{\text{ВХ}}} = K; \quad \frac{n_{\text{ВЫХ}}}{n_{\text{ВХ}}} = i.$$

Недостатком гидротрансформатора является сравнительно низкий к.п.д. ($\eta = 0,86$), необходимость охлаждения рабочей жидкости, невозможность реверсирования и др. Однако применение гидротрансформаторов позволяет сравнительно простым способом существенно улучшить характеристику двигателей внутреннего сгорания. Поэтому в настоящее время наблюдается все более широкое использование гидродинамических передач на строительных машинах.

2.4. Ходовое оборудование и тяговый расчет машин

Ходовое оборудование строительных машин предназначено для передвижения машин в процессе работы в пределах рабочей зоны и в зависимости от его вида и расстояния для перемещения машин с одного объекта строительства на другой. Оно передает нагрузку от машины на опорную поверхность.

Ходовое оборудование включает ходовое устройство (рельсовое, пневмоколенное, гусеничное, шагающее) и механизмы для его привода. Каждое ходовое устройство состоит из движителя и подвески. Подвеска соединяет движитель с опорной рамой машины и выполняется жесткой у тихоходных машин, полужесткой и упругой – у быстроходных. Самоходные строительные машины монтируют на базе серийных грузовых автомобилей, колесных и гусеничных тракторов, пневмоколенных тягачей и специальных гусеничных и пневмоколенных шасси с приводом от общей трансмиссии машины или от индивидуальных электрических и гидравлических двигателей. Специальные шасси строительных машин унифицированы.

Рельсовое ходовое оборудование имеют башенные, козловые, мостовые и специальные стреловые самоходные краны, электротали – тельферы, сваебойные установки и др. (рис. 2.34). Оно характеризуется простотой конструкции и небольшими сопротивлениями передвижению, но отличается малыми маневренностью и скоростью передвижения, за исключением железнодорожных кранов.

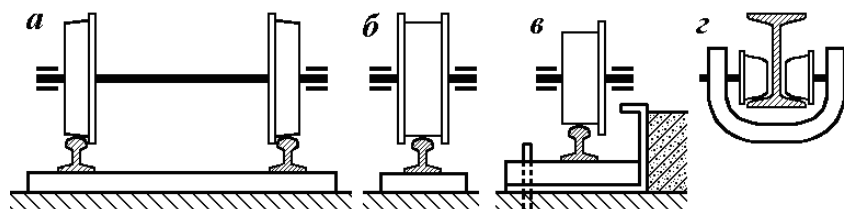


Рис. 2.34. Рельсовое ходовое оборудование:

a – вагонная ось; *б* – двухребордное (крановое) колесо; *в* – рельсформа; *г* – монорельс

Привод ведущих колес может быть общим от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания через систему валов и передач или от индивидуального электродвигателя через редуктор. Приводы оборудуют управляемыми и автоматическими тормозами. Колеса с общей рамой, двигателем, редуктором и тормозом образуют приводную ходовую тележку. Количество колес в тележке определяется действующей нагрузкой. Приводные и не приводные ходовые тележки кранов шарнирно соединяются с опорной рамой и оборудуются противоугонными клещевыми захватами.

Железнодорожный ход (колея 1524 мм) имеют отдельные разновидности стреловых кранов, используемые в эксплуатационной службе железных дорог и одновременно на железнодорожном строительстве. Колеса вагонных осей выполняются коническими для уменьшения проскальзывания колес при проходе криволинейных участков (рис.2.34, *a*).

Пневмоколесное ходовое оборудование (рис. 2.35) обеспечивает машинам маневренность, мобильность, высокие скорости (до 60...70 км/ч) и плавность передвижения. Пневмоколесный движитель состоит из ведомых и ведущих (приводных) колес, вращательное движение которых преобразуется в поступательное движение машины. У большинства строительных машин все колеса – ведущие. Количество колес зависит от допускаемой на каждое колесо нагрузки, условий и режимов работы машины, требуемых скоростей ее движения. Ходовые устройства строительных машин имеют обычно от 4 до 8 одинаковых взаимозаменяемых колес. В большинстве случаев подвеска выполняется упругой (рис. 2.36).

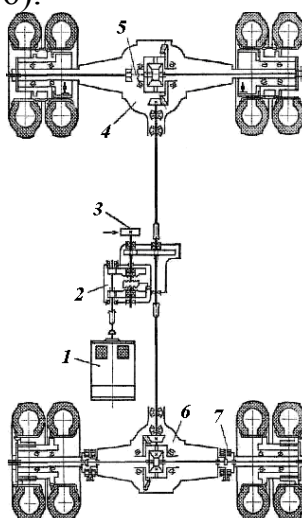


Рис. 2.35. Пневматическое ходовое оборудование:

1 – двигатель; *2* – коробка передач; *3* – центральный тормоз; *4* – задний мост; *5* – муфта блокировки дифференциала; *6* – передний мост; *7* – универсальный шарнир привода поворотных колес

Колесо состоит из диска и обода, сваренных между собой. Обод служит для монтажа пневматической шины, а диск соединяет обод со ступицей колеса. Пневматические шины колес обеспечивают лучшее сцепление колес с дорогой, смягчают толчки и частично поглощают удары, воспринимаемые колесами от неровностей дороги, увеличивают срок службы механизмов, способствуют сохранности дороги. Энергия ударов поглощается упругостью сжатого воздуха и частично упругостью стенок шины.

Составными частями камерной шины (рис. 2.37, *а*) являются покрышка *1*, служащая прочной и эластичной оболочкой, камера *2*, накачиваемая воздухом через вентиль *4*, и ободная лента *3*, предохраняющая камеру со стороны обода. Рисунки протектора (беговой части) разнообразны (рис. 2.37, *в*) и выбираются в зависимости от условий работы. Шины с рисунком протектора *I* применяются для земляных работ; *II* – для работы в каменных карьерах; *III* – противобуксующие; *IV* – универсальные.

Существует два основных типа шин: шины высокого давления, имеющие давление $0,5...0,7$ МПа ($5...7$ кг/см²), и шины низкого давления (баллоны) с давлением $0,175...0,55$ МПа ($1,75...5,5$ кг/см²). Шины низкого давления имеют больший профиль и меньшую толщину стенок, они лучше поглощают удары, приспособляются к мелким неровностям дороги, обеспечивают более плавное движение и лучшую сохранность машины, большее сцепление с грунтом и лучшие тяговые качества. Шины низкого давления получили широкое применение для строительных и дорожных машин.

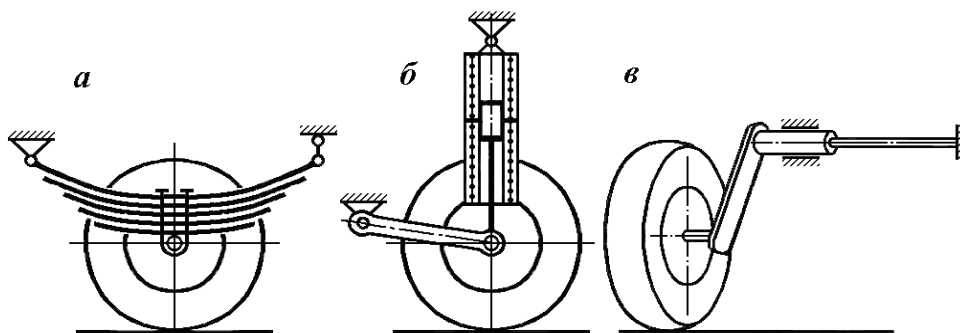


Рис. 2.36. Упругие подвески:

а – рессорная; *б* – пружинная; *в* – торсионная

Стремление повысить проходимость машин в условиях бездорожья привело к созданию шин сверхнизкого давления. Применение этих шин наиболее целесообразно в сочетании с централизованной системой регулирования давления шин. Для улучшения проходимости на слабых или переувлажненных грунтах, чтобы уменьшить давление на грунт, давление в шинах снижают до $0,05...0,08$ МПа ($0,5...0,8$ кг/см²), а при движении на плотных грунтах или по дороге давление в шине повышают до нормального. Многие машины оборудуют устройствами для регулирования давления в шинах из кабины машиниста. Благодаря этому при движении по дороге сопротивление качению уменьшается и срок службы шины увеличивается.

Широкое распространение получили бескамерные шины (рис. 2.37, *б*), в которые воздух накачивается непосредственно в полость покрышки *5*, установленной на герметическом ободе *6*. Внутренняя полость покрышки имеет

дополнительный герметизирующий слой резины. Бескамерные шины лучше охлаждаются, меньше весят, повышают безопасность движения, так как при повреждении не происходит резкого падения давления. Упрощается также ремонт шины. В некоторых случаях для повышения проходимости машин на ведущих колесах применяют бескамерные арочные шины (рис. 2.37, *г*), отличающиеся широким профилем, низким давлением 0,05...0,14 МПа (0,5...1,4 кг/см²) и развитыми грунтозацепами.

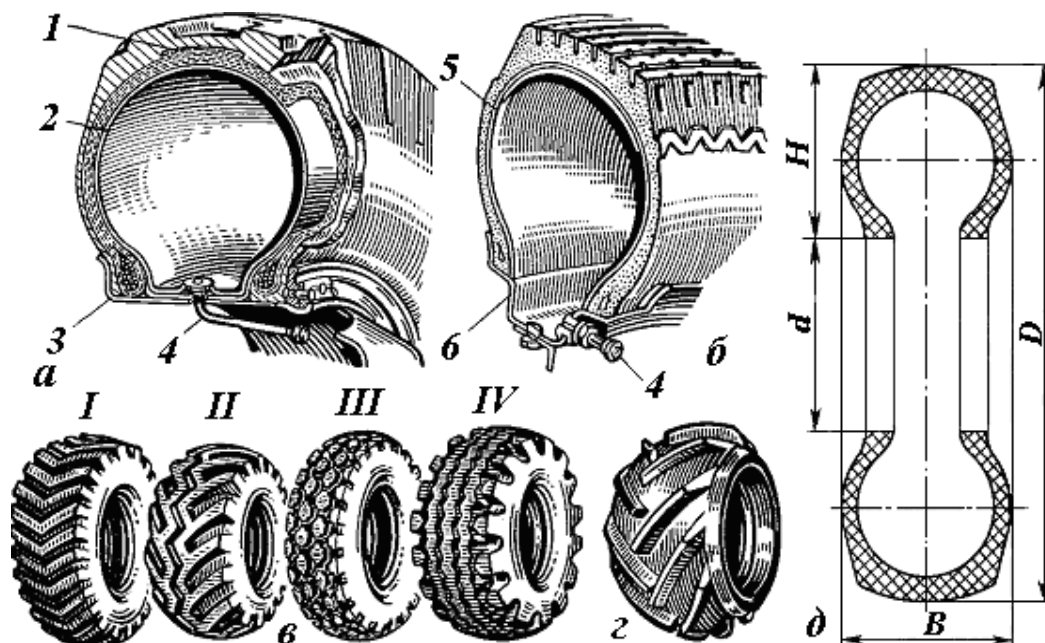


Рис. 2.37. Шины:

a — камерные; *б* — бескамерные; *в* — типы протекторов; *г* — арочные шины;
д — основные размеры шины

Основными параметрами пневматической шины являются ее диаметр, ширина покрышки, давление и рисунок протектора.

Маркировка шин наносится на боковинах двумя числами через тире, например 14,00 — 20; 330 — 20 и т. д. Первое число характеризует ширину профиля B в дюймах (или миллиметрах), а второе — внутренний диаметр шины или посадочный диаметр обода d в дюймах (рис. 2.37, *д*). Ширину профиля B приблизительно можно считать равной его высоте H , а наружный диаметр $D = 2H + d$.

Гусеничное ходовое оборудование имеет большую площадь контакта с грунтовой поверхностью и меньшее удельное давление на грунт, чем колесное оборудование. Оно составляет в среднем 40...100 кН/м² (0,4...1,0 кг/см²). Гусеничные машины обладают большой проходимостью по рыхлым и переувлажненным грунтам. Машины на гусеничном ходу имеют значительно большую силу тяги по сцеплению, поэтому они могут преодолевать подъемы с уклоном до 50%, в то время как у пневмоколесных машин преодолеваемый подъем не более 25%.

Недостатками гусеничного хода являются его большая масса (до 40% от общей массы машины), сложность конструкции, большие потери на трение, быстрый износ деталей, малая скорость перемещения и необходимость перевозки тягачами на специальных трейлерах при транспортировании даже на

небольшие расстояния. В связи с этим затраты на техническое обслуживание и ремонты машин на гусеничном ходу, а также на их перебазирование, приходящиеся на 1 час работы, как правило, выше соответствующих затрат по машинам того же типа и мощности, имеющим пневмоколенный ход. Следует отметить значительное увеличение удельного давления на основание, передаваемое кромочной частью гусеничных тележек стреловых кранов при работе с грузом.

Гусеничное ходовое устройство, например, подъемного крана имеет жесткую подвеску (рис. 2.38). Оно состоит из рамы неповоротной части 1, к которой с двух сторон жестко присоединены рамы 2 гусеничных тележек. На концах каждой рамы тележек установлены ведущая и ведомая звездочки 3 и 4. Обе звездочки охватывает замкнутая гусеничная цепь 8. Гусеничная цепь имеет отдельные звенья (траки), шарнирно соединенные между собой пальцами.

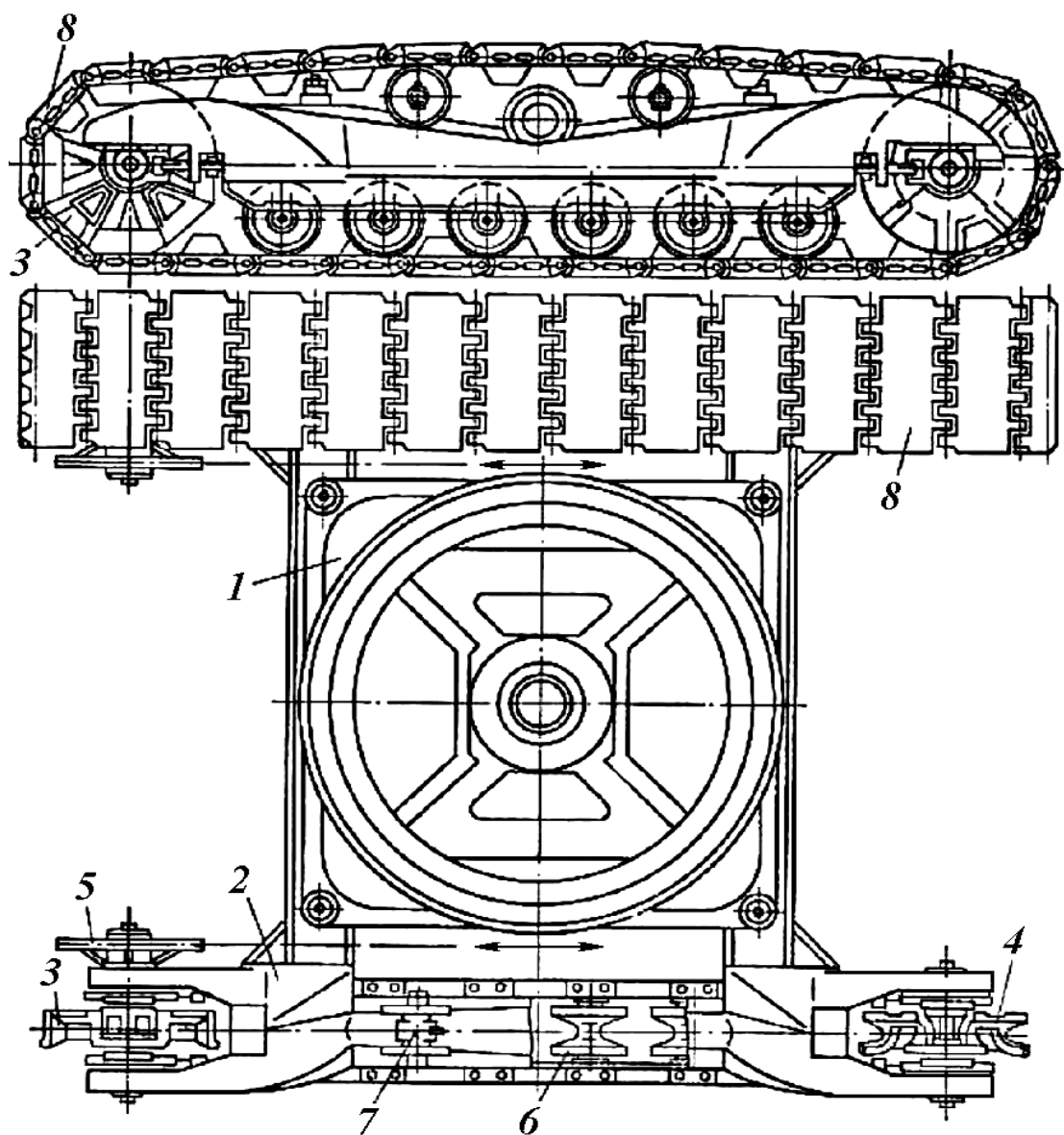


Рис. 2.38. Гусеничное ходовое устройство крана

Вал с приводной звездочкой 3 соединен цепной передачей 5 с механизмом передвижения. Звездочка механизма передвижения соединяется с приводным валом кулачковой муфты. Такая конструкция обеспечивает

возможность поворота крана при движении выключением и торможением одной гусеницы при включенной второй, а в машинах с индивидуальным электроприводом – отключением одного из двигателей. Передача нагрузки от рам гусеничных тележек на траки осуществляется через ряд неподрессоренных опорных роликов 6; верхняя ветвь гусеничной цепи опирается на ролики 7.

В трансмиссии механизма поворота гусеничного хода используют многодисковые фрикционные муфты, называемые бортовыми фрикционами. Они установлены на поперечном валу трансмиссии, передающем вращение на ведущие звездочки гусеничного хода. Регулируя или полностью выключая одну из фрикционных муфт, можно уменьшить скорость вращения соответствующей ведущей звездочки, а, следовательно, и скорость движения гусеницы; при этом машина начинает поворачивать в сторону отстающей гусеницы. С помощью бортовых фрикционов невозможно выполнить повороты малого радиуса, поэтому система управления гусеничной машиной снабжена специальными тормозами, действующими на ведомые части фрикционных муфт. При включении одного из тормозов соответствующая гусеничная цепь останавливается, и машина поворачивается с радиусом поворота, равным ширине (колее) гусеничного хода. При торможении машины на уклонах и при остановке включают одновременно оба тормоза.

Приводное колесо в зависимости от конструкции гусеницы может быть выполнено в виде звездочки или иметь выступающие кулачки, входящие в зацепление с гребнями (выступами) на траках гусеницы. Гребневое зацепление более надежно и в связи с этим чаще применяется.

Для регулирования натяжения гусеничной цепи натяжные колёса получают возможность перемещаться в пазах рамы гусеничной тележки. Их перемещение осуществляется винтом или гидравлическим домкратом.

Гусеничный движитель включает гусеничную ленту, раму, ведущее и ведомое (направляющее) колеса, опорные и поддерживающие катки (рис. 2.39, а).

Гусеничный движитель изобретен Д.Загряжским в 30-х годах XIX в. Гусеничные движители бывают малоопорные и многоопорные. В некоторых случаях применяют гусеничные движители безрамной конструкции. В этом случае элементы движителя крепят к основной раме машины. Число и размеры гусеничных движителей зависят от массы машины и нагрузки, действующей на ходовое оборудование. Наиболее часто применяют двухгусеничное ходовое оборудование, но на тяжелых и сверхтяжелых землеройных машинах число движителей достигает трех, четырех, шести и более.

По числу опорных катков гусеничные движители делят на малоопорные и многоопорные, а по вписываемости в профиль поверхности – на жесткие (рис. 2.39, а) и упругие (мягкие) (рис. 2.39, б).

Гусеничный движитель является многоопорным, если между двух смежных опорных катков укладывается менее двух звеньев гусеничной ленты, т.е. $l/t \leq 2$, и малоопорным, если число звеньев, расположенных между двух смежных опорных катков, больше двух, т. е. $l/t > 2$. Многоопорные движители применяют на землеройных машинах, работающих на деформируемых грунтах

малой и средней прочности. Гусеничная лента между катками прогибается незначительно, что способствует равномерному распределению нормальных контактных напряжений и снижению сопротивления движению машины. Малоопорные движители применяют на землеройных машинах, работающих на скальных грунтах и грунтах повышенной прочности. Поэтому число опорных катков уменьшается, но увеличиваются их размеры.

Малоопорный гусеничный ход передает на грунт неравномерное удельное давление и притом по сравнению с многоопорным при прочих равных условиях большей величины. В связи с этим наибольшее распространение получил гусеничный ход многоопорного типа.

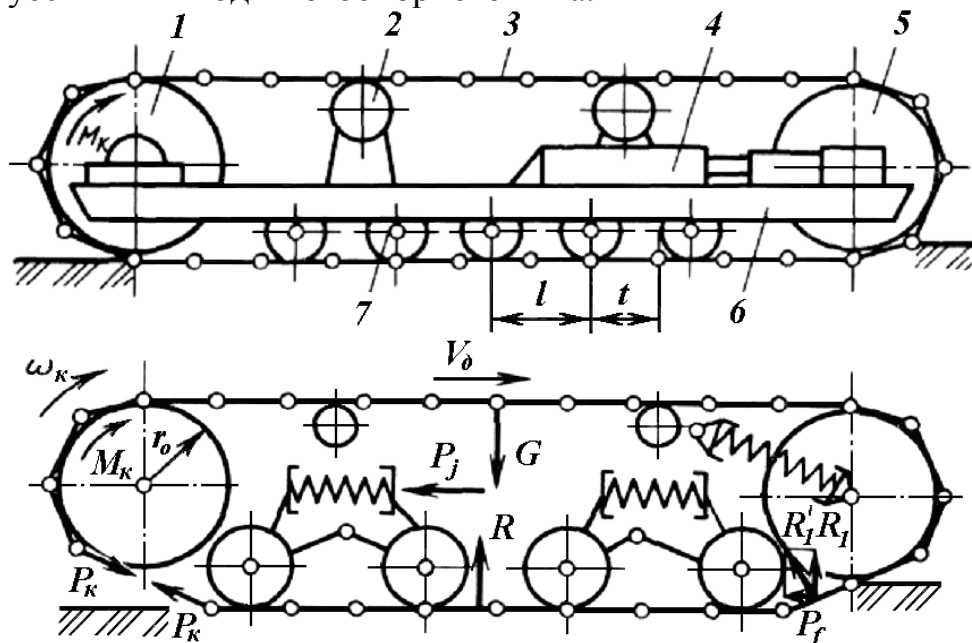


Рис. 2.39. Гусеничные движители:

a – многоопорный с жесткой подвеской опорных катков; *б* – малоопорный с упругой подвеской опорных катков (приведена схема сил и моментов, действующих на гусеничный движитель)

1 – ведущее колесо; 2 – поддерживающий каток; 3 – гусеничная лента; 4 – натяжное и амортизирующее устройство; 5 – направляющее колесо; 6 – гусеничная рама; 7 – опорный каток

Шагающее оборудование применяют для машин значительного веса, работающих с опиранием на грунт небольшой плотности. К таким машинам относят одноковшовые экскаваторы – драглайны, применяемые на гидротехническом строительстве с ковшем емкостью 4 м^3 и более, и частично стреловые краны, предназначенные к использованию в условиях перемещения по местности со слабой несущей способностью – до 25 кН/м^2 ($0,25 \text{ кГ/см}^2$) (например, по намытым грунтам или по торфу). Шагающее оборудование драглайнов состоит из опорных башмаков, механизма, осуществляющего перемещение экскаватора на величину хода шагания, и привода. Опорные башмаки передают на грунт распределенную нагрузку от веса экскаватора во время его шагания.

Механизмы шагания подразделяются на механические (эксцентриковые) и гидравлические (плунжерно-шарнирные). Механические устройства для шагания применяют на экскаваторах, выпускаемых Краматорским заводом с ковшем емкостью $4...10 \text{ м}^3$, а гидравлические – на экскаваторах Уральского завода тяжелого машиностроения с ковшем $15, 25 \text{ м}^3$ и более.

Тяговый расчет, приведенный ниже, является общим не только для транспортных машин, но и для любых колесных и гусеничных строительных машин, в т.ч. выполняющих работу в процессе движения, например, при работе бульдозера, автогрейдера, или при перемещении башенных кранов по рельсам.

Колеса в машинах могут быть ведомыми или ведущими. В гусеничных машинах ведущие звездочки, передают окружное усилие на гусеничные цепи. Ведомое колесо установлено на оси с возможностью свободного вращения при передвижении машины под действием толкающей силы, передаваемой осью.

Ведущие колеса или звездочки вращаются под действием крутящего момента, подводимого к ним от двигателя. Момент M_k (кН·м), подводимый к ведущим колесам или звездочкам:

$$M_k = M_{дв} \cdot i \cdot \eta = 7,019 \frac{N_{дв}}{n_{дв}} \cdot i \cdot \eta$$

где $M_{дв}$ – момент на валу двигателя, кН·м; i – передаточное число между валом двигателя и колесом; η – к.п.д. передачи от двигателя к колесу; $n_{дв}$ – число оборотов двигателя в минуту; $N_{дв}$ – мощность двигателя в л. с. (коэффициент – 7,019), в кВт (9,55);

$$N_{дв} = M_{дв} \omega,$$

где ω в рад/с.

Момент M_k распределяется на все ведущие колеса или звездочки. Он развивает суммарную окружную силу P_k (кН), сообщающую машине движение $P_k = M_k / r_k$, где r_k – радиус качения шины, обода колеса по рельсу, радиус начальной окружности звездочки гусеничного хода, м. Сила P_k не может быть полностью использована как тяговое усилие, так как она включает в себя силы сопротивления качению W_Σ . При движении машина преодолевает различные сопротивления: качению, подъему, разгону, повороту, обрабатываемой среды.

Сопротивление качению определяется по формуле $W_k = Gf$, где G – вес машины с нагрузкой, кН; f – коэффициент сопротивления качению. В механизмах на рельсовом ходу необходимо учитывать трение реборд о рельсы, особенно при прохождении поворотов. При движении машины на подъем добавляется составляющая силы тяжести – сопротивление подъему $W_n = \pm G \sin \alpha$, где α – угол подъема. При малых α $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$; $\operatorname{tg} \alpha = h/L = i_y$; $W_n = \pm G i_y$, где h – высота подъема по длине L ; i_y – уклон. При разгоне машины (торможении) будет возникать сопротивление сил инерции $W_{ин} = \pm G \cdot a/g$, где a – ускорение, м/сек². Если считать движение равномерно ускоренным, то $W_{ин} = \pm Gv/gt$, где v – скорость в конце разгона или в начале торможения, м/сек, t – время разгона (торможения), с.

Динамическое давление ветра (скоростной напор) учитывается при расчете механизмов передвижения машин, имеющих большую наветренную площадь. Необходимо учесть реальную площадь, на которую воздействует ветер, аэродинамические коэффициенты элементов конструкции и высоту, так как с увеличением высоты скорость ветра будет возрастать, что очень важно, например, для башенных кранов. Сопротивление воздуха ввиду относительно малой скорости движения дорожных и строительных машин (до 50 км/ч)

практически в расчет может не приниматься, но в транспортных машинах его необходимо учитывать совместно с ветровым напором. Их совместное воздействие обозначается W_v .

При движении на кривом участке пути гусеничные машины при повороте преодолевают возникающее сопротивление повороту $W_{пов}$.

Машины – орудия, выполняющие работу во время движения (бульдозеры, автогрейдеры, плужные канавокопатели, снегоочистители и т.п.), испытывают сопротивление обрабатываемой среды, т.е. рабочее сопротивление W_p .

В общем виде:

$$W_{\Sigma} = W_k + W_{п} + W_{ин} + W_v + W_{пов} + W_p.$$

В действительности все эти сопротивления одновременно не возникают и при расчете учитываются только те сопротивления, которые могут возникнуть у рассматриваемой машины в конкретных расчетных условиях ее работы.

Движение будет возможным при условии, когда $P_{кmax} \geq W_{\Sigma}$.

Соблюдение этого условия необходимо, чтобы машина могла двигаться, однако одного этого условия недостаточно. Необходимо, чтобы между колесами (гусеницами) и дорогой (грунтом, рельсами) было достаточно хорошее сцепление, характеризующееся коэффициентом сцепления ϕ , который зависит от свойств дорожной поверхности, ее состояния, а так же, например, для пневмоколесного движителя от типа и состояния шин, от внутреннего давления в них. Сила сцепления $P_{сц}$ пропорциональна нагрузке на ведущие колеса (или на гусеницы) $G_{сц}$, называемой сцепным весом:

$$P_{сц} = G_{сц} \phi.$$

У машин, выполняющих технологические функции (копание грунта, уплотнение, снегоочистку и т.п.), сцепной вес будет складываться из веса машины, приходящегося на ведущие колеса, и сил реакции от взаимодействия рабочего органа с обрабатываемой средой. У транспортных машин, а также скреперов и грейдер-элеваторов во время их транспортного перемещения нагрузка на колеса складывается из веса машины и веса транспортируемого груза.

Для машин со всеми ведущими колесами полный вес машины с грузом будет являться, сцепным весом машины. Чем больше нагрузка на ведущие колеса или чем выше коэффициент сцепления ϕ , тем выше сила сцепления, реализуемая на ведущих колесах самоходной машины.

Условием, полностью обеспечивающим возможность движения самоходной машины, будет $P_{сц} \geq P_k \geq W_{\Sigma}$. Если $P_{сц} \geq P_k \leq W_{\Sigma}$, то усилия на колесе недостаточны для преодоления сил сопротивления и двигатель заглохнет. Если ведущие колеса оказываются на влажной или обледеневшей дороге или на мокром глинистом грунте, то коэффициент сцепления и соответственно величина силы сцепления $P_{сц}$ значительно уменьшаются и может иметь место неравенство $P_{сц} \leq P_k$ и движение становится невозможным даже если $P_k \geq W_{\Sigma}$.

2.5. Специальные узлы и детали

2.5.1. Канаты, блоки, барабаны, полиспасты

В качестве гибких элементов строительных машин преимущественное применение находят стальные канаты, а также сварные и пластинчатые цепи.

Стальные канаты представляют собой гибкие грузовые и тяговые органы, предназначенные для передачи усилий при подъеме и перемещении грузов. Основные параметры стальных канатов регламентированы ГОСТ 3241-80. Канаты изготавливают на канатобьющих машинах из стальной высокопрочной проволоки, полученной методом многократного холодного волочения с промежуточной термической и химической обработкой, диаметром 0,2...3,5 мм высшей (В), первой (I), второй (II) марок, предел прочности которых при растяжении составляет 1200...2600 МПа. Канаты, работающие во влажных условиях, изготавливают из оцинкованных проволочек с повышенной коррозионной стойкостью. Прочность их несколько ниже за счет отпуска при оцинковании. Канаты, работающие в сухих помещениях, изготавливают из светлых (без покрытия) проволочек.

Канаты бывают одинарной, двойной и тройной свивки.

Канаты *одинарной свивки* изготавливают из отдельных проволок, свитых по спирали в пряди. Такие канаты обладают повышенной жесткостью и применяются в качестве оттяжек и несущих элементов в кабельных кранах и подвесных канатных дорогах. Закрытые канаты (ГОСТ 3090-73, 7675-73, 7676-73), имеющие в наружном слое проволоку Z-образного сечения (рис. 2.40, а, б, в), используются в кабельных кранах и канатных подвесных дорогах в качестве несущего элемента. Преимущества закрытых канатов: гладкая поверхность, отсутствие расплетания проволок и небольшой износ (рис. 2.40, д). В полужакрытых канатах наружное кольцо получается путем комбинации профилированных и круглых проволок (рис. 2.40, з).

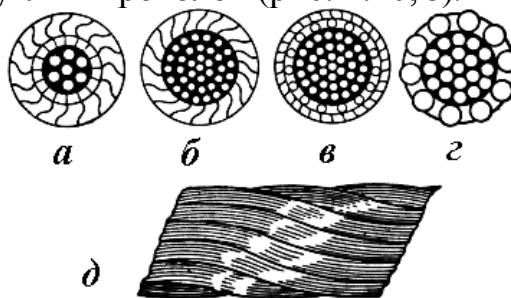


Рис. 2.40. Закрытые канаты

В канатах *двойной свивки* (рис. 2.41) проволоочки сначала свивают в пряди, а затем из прядей канат свивается вокруг центрального сердечника. При нормальной температуре окружающей среды и однослойной навивке каната на барабан применяют канаты с органическим сердечником. Сердечник пропитывается смазкой, которая при работе выдавливается и смазывает проволоочки, уменьшая их износ и предохраняя от коррозии. Для работы в горячих цехах применяют асбестовые сердечники, а при многослойной навивке каната на барабан – металлические. Последние представляют собой прядь или целый канат двойной свивки (рис. 2.41, Б, б). Они увеличивают жесткость каната, но предотвращают его расплющивание на барабане. По направлению свивки прядей канаты бывают правой и левой свивок. Для устранения

деформации кручения каната следует правильно выбирать его по направлению свивки, особенно при навивке на гладкий барабан.

По сочетанию свивок канаты бывают односторонней свивки, в которых проволоки в прядях и пряди в канате свиты в одном направлении, и крестовой, когда проволоки в прядях и пряди в канате свиты в противоположных направлениях (рис. 2.41, А, а, б, в, г). В канатах комбинированной свивки (рис. 2.41, А, д, е) направление свивок проволок в соседних прядях чередуется.

Канаты односторонней свивки обладают более высокой гибкостью, но раскручиваются при свободно поднятом на одном канате грузе, склонны к образованию петель и узлов, при обрыве проволоки самораскручиваются на большой длине. Канаты крестовой свивки имеют менее гладкую поверхность, выдерживают меньшее число перегибов на блоках, более жесткие, но лучше сопротивляются кручению и расплющиванию под воздействием растягивающих и поперечных усилий. Канаты комбинированной свивки имеют преимущества обоих типов.

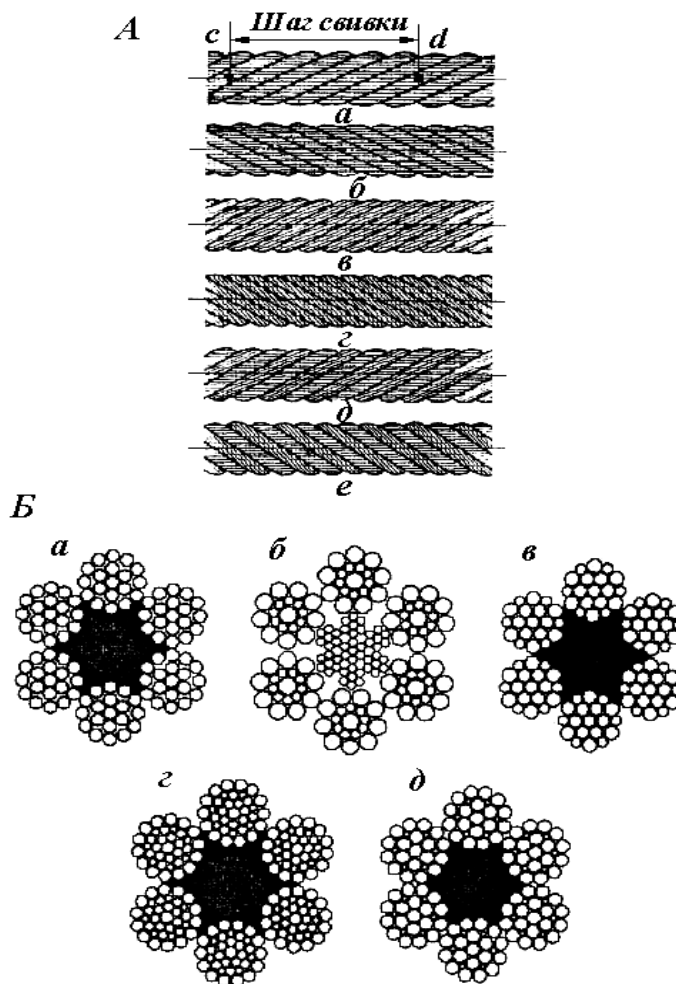


Рис. 2.41. Внешний вид стальных проволочных канатов (А) и сечения канатов двойной свивки (Б)

В канатах *тройной свивки* в качестве прядей используют канаты двойной свивки малого диаметра.

Касание проволок по слоям бывает линейным и точечным. Линейное касание (ЛК) образуется при равных углах навивки проволок во всех слоях пряди, а точечное касание (ТК) – при разных углах навивки (рис. 2.42). Канаты

типа ЛК более гибки и долговечны, но дороже в изготовлении. Преимущества обоих типов канатов объединены в канатах типа ТЛК, в которых точечное касание проволок чередуется с линейным.

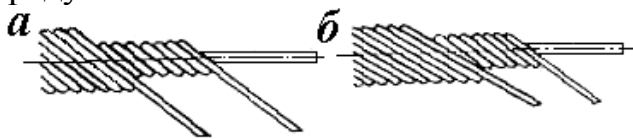


Рис. 2.42. Пряди стальных канатов с контактом проволок:
а – линейный; б – точечный

На рис. 2.41, Б приведены различные типы канатов: а – ТК 6×19+1; б – ЛК–0 6×19+7×7 (ГОСТ 3077–80, с одинаковым диаметром проволок в слое); в – ЛК–Р (6×19, ГОСТ 2688–80, с разным диаметром проволок в слое); г – ЛК–РО (6×36, ГОСТ 7668–80, с проволоками разного и одинакового диаметров по отдельным слоям пряди); д – ЛК–3 (6×25, ГОСТ 7665–80, между слоями проволок размещены заполняющие проволочки меньшего диаметра).

В нераскручивающихся канатах каждая проволока предварительно деформируется и приобретает форму, соответствующую ее положению в пряди, и потому и проволока, и канаты отличаются отсутствием внутренних напряжений в ненагруженном состоянии, повышенной гибкостью и долговечностью.

Конструкция канатов имеет индекс, включающий буквенные и цифровые обозначения. Так, индекс 6×19 (1+6+6/6)+1 о.с. показывает, что канат имеет 6 прядей по 19 проволок в каждой и 1 органический сердечник. Цифры в скобках обозначают, что в центре каждой пряди размещена 1 проволока, вокруг которой во втором слое расположены 6 проволок, а в наружном слое 6 проволок одного и 6 другого диаметров (6/6). Условное обозначение канатов строительных машин записывается в паспорте машины. Например, грузовой канат башенного крана четвертой размерной группы обозначен: 24,0-Г-1-Л-0-Н-1764(180) (ГОСТ 2688-80). Это значит, что канат имеет $d_{\text{нар}} = 24$ мм, грузовой, первой марки из светлой проволоки (не обозначается), левой односторонней свивки, нераскручивающийся, с $\sigma_b = 1800$ МПа (~ 180 кгс/мм²).

В процессе работы проволоки в канате испытывают напряжения растяжения, изгиба, скручивания и контактные напряжения смятия. Тип и диаметр каната d_k выбирают по ГОСТу по разрывному усилию каната $S_{\text{раз}}$, которое зависит от максимального натяжения каната S и коэффициента запаса прочности $n \geq S_{\text{раз}}/S$.

Коэффициент запаса прочности n каната принимается в соответствии с требованиями Госгортехнадзора в зависимости от назначения каната, привода машины и режима работы механизма. Грузовые и стреловые канаты для механизмов с ручным приводом имеют $n = 4$, с машинным приводом $n = 5$; 5,5 и 6 соответственно при легком среднем и тяжелом режимах работы, канаты грузозахватных приспособлений имеют $n = 6$, а канаты в машинах, предназначенных для подъема людей, – $n = 9$.

Диаметр каната измеряется между внешними поверхностями двух прядей (набольший размер сечения, например по вертикали на рис. 2.41, Б).

Срок службы каната во многом зависит от диаметров блоков и барабана лебедки, которые он огибает при работе. Уменьшение диаметров блоков и барабана вызывает увеличение напряжения в проволоках каната и снижает его долговечность, так как в этом случае канаты работают не только на растяжение, но и на изгиб. Существенно уменьшает долговечность (в 2 раза) перегиб каната в различном направлении. Коррозия также сильно снижает долговечность канатов – необходимо периодически смазывать канаты.

Пригодность каната для дальнейшей работы определяется степенью его износа, наличием обрывов отдельных проволок в прядях, степенью коррозии проволок и т.д. Обрыв проволок каната в количестве, определенном стандартом, является основанием для запрещения дальнейшей эксплуатации каната. Браковочные нормы обрывов проволок на длине одного шага свивки каната, установленные Госгортехнадзором, приведены в таблице 2.1.

Долговечность каната зависит также и от диаметров блоков и барабана лебедки, которые он огибает при работе. Наименьший допускаемый диаметр D_6 (мм) блоков и барабанов, измеренный по дну канавки должен быть

$$D_6 \geq d_k(e - 1),$$

где d_k – диаметр каната; e – коэффициент, зависящий от типа и режима работы грузоподъемной машины.

Таблица 2.1

Браковочные нормы обрывов проволок на длине одного шага свивки каната

Первоначаль- ный коэффициент запаса прочности	Конструкция канатов					
	TK6×19		TK6×37		TK6×61	
	Допустимое число обрывов проволок на длине одного шага свивки					
	крестовой	односто- ронней	крестовой	односто- ронней	крестовой	односто- ронней
	До 6	12	6	22	11	36
6...7	14	7	26	13	38	19

Для грузовых лебедок с механическим приводом $e = 20$, а для подъема людей $e = 25$. Для электроталей $e = 22$. Для лебедок подъема груза и стрелы стреловых кранов $e = 16; 18; 20$, а для грузоподъемных машин остальных типов $e = 20; 25; 30$ соответственно для легкого, среднего и тяжелого режимов работы.

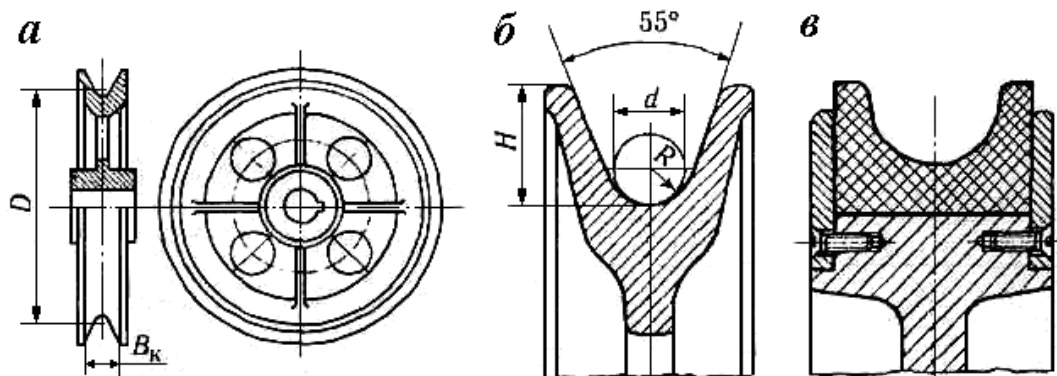


Рис. 2.43. Канатный блок:

а – общий вид; *б* – профиль ручья; *в* – ручей блока с футеровкой

Блоки (рис. 2.43) применяют для изменения направления движения канатов. Профиль ручья блока выполняется так, чтобы обеспечить

беспрепятственный вход и выход каната. Размеры профиля ручья блока нормализованы. Блоки изготавливаются из чугуна или из стали, устанавливаются на подшипниках скольжения или качения и монтируются в обоймы, предохраняющие канат от соскакивания с блока.

Барабаны в составе лебедки служат для навивки каната. При больших длинах навиваемого каната применяются барабаны с гладкой поверхностью для многослойной навивки каната (рис. 2.44, а). При однослойной навивке применяют нарезные барабаны (рис. 2.44, б, в, г). В этом случае увеличивается поверхность контакта каната и барабана и уменьшается износ каната. Канатоемкость барабана при однослойной навивке определяется по формуле:

$$L_k = \pi(D + d) \cdot z \cdot t,$$

где D – диаметр барабана; d – диаметр каната; z – число рабочих витков на поверхности барабана; t – шаг желобков.

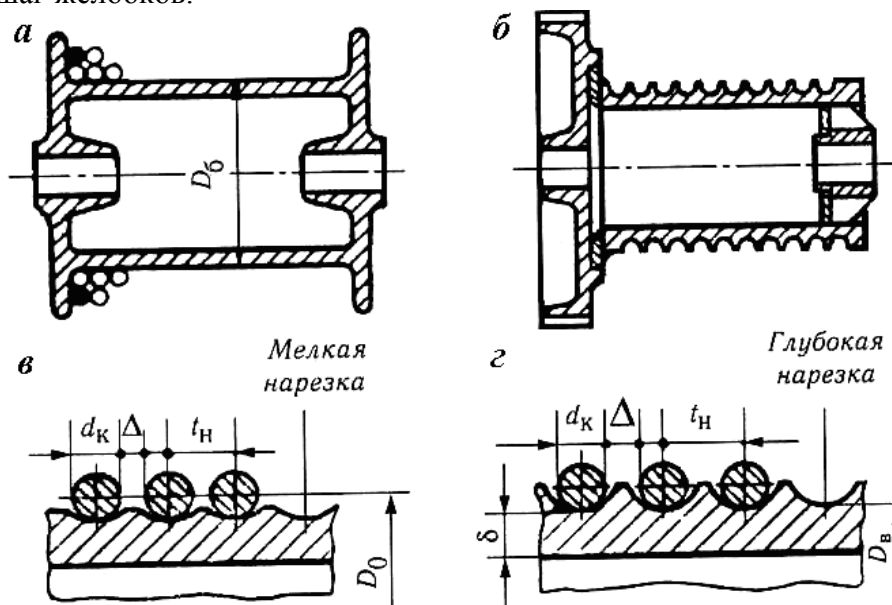


Рис. 2.44. Барабаны:

а – литой гладкий для многослойной навивки каната; б – сварной нарезной для однослойной навивки каната; в – с мелкой нарезкой; г – с глубокой нарезкой

Длина каната L (м), наматываемого на барабан:

$$L = H \cdot i_n + (z_3 + z_k) \pi (D_0 + d_k),$$

где H – высота подъема груза (крюка), м; i_n – кратность полиспаста; $z_3 = 1,5 \dots 2$ – число запасных витков, предусматриваемых правилами Госгортехнадзора, для уменьшения нагрузки на заделку конца каната на барабане; $z_k = 2 \dots 2,5$ – число витков крепления конца каната на барабане.

Рабочая длина l_0 барабанов (м):

при однослойной навивке каната на нарезной барабан:

$$l_0 = Lt / [\pi (D_0 + d_k)],$$

где $t = d_k + (2 \dots 3)$ мм – шаг навивки;

при многослойной навивке:

$$l_0 = L d_k / [\pi \cdot m \cdot (D_0 + m d_k)],$$

где m – число слоев навивки; $D_0 + m d_k$ – средний диаметр навивки, м.

Как блоки, так и барабаны могут вращаться на своих осях, будучи установлены на бронзовых втулках или на подшипниках качения, при этом

крутящий момент непосредственно передается на барабан. Возможно жесткое крепление блоков на оси, а барабана на валу.

Конец каната на барабане может закрепляться с помощью прижимных планок (рис. 2.45, а, б) или клином (рис. 2.45, в). Правила техники безопасности требуют, чтобы крепление каната было надежным, доступным для осмотра и удобным для смены каната. Канат в месте крепления не должен подвергаться резкому изгибу. Для уменьшения натяжения каната в месте его закрепления, по правилам Госгортехнадзора, на барабане должно оставаться не менее 1,5 витков.

Закрепление концов стальных канатов к различным частям подъемного механизма или для строповки (рис. 2.46) должны быть надежны. Для закрепления каната в конической втулке конец каната продевают во втулку, концы проволочек расплетают, крючкообразно загибают и заливают свинцом (рис. 2.46, а). При клиновом креплении канат обводят вокруг стального клина с канавкой, вместе с клином вкладывают в плоскую втулку клиновидной формы; канат затягивается во втулку и зажимается в ней (рис. 2.46, б). Стальные коуши применяются при соединении конца каната с рабочей ветвью с использованием зажимов, или опрессовкой в стальных трубках на гидропрессе (рис. 2.46, в, г, д). Длина сращивания $l \geq 15d_k$, но не менее 300 мм. При креплении каната зажимами следует применять не менее трех зажимов, располагаемых на расстоянии $l \geq 5d_k$ друг от друга (d_k – диаметр каната). Готовый строп испытывается в течение 10 мин. под нагрузкой, вдвое превышающей допускаемую.

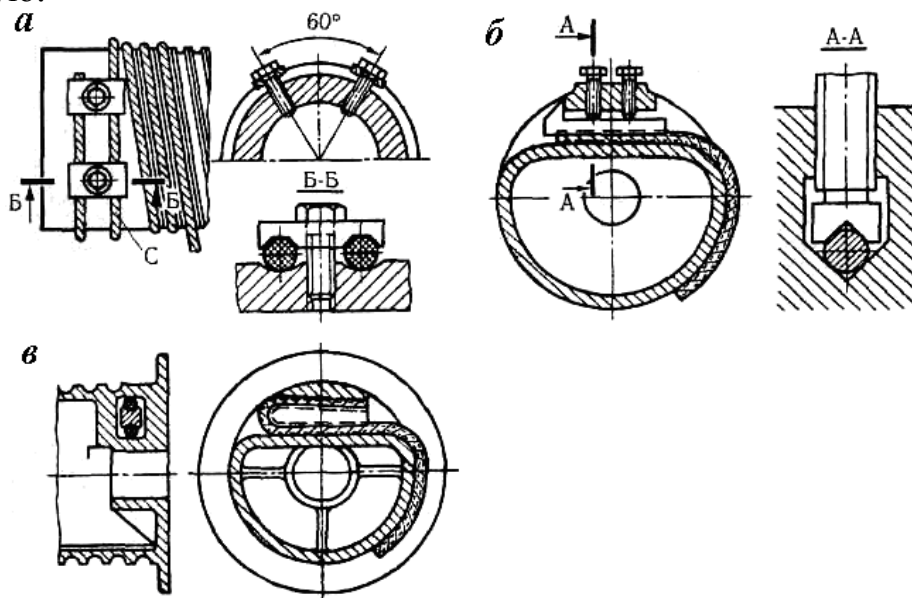


Рис. 2.45. Способы креплений концов стальных канатов к барабанам

Цепи сварные и пластинчатые применяются в качестве гибких тяговых органов в строительных машинах некоторых видов.

Сварные цепи (рис. 2.47, а) используются для строповки грузов и в ручных грузоподъемных механизмах. В зависимости от соотношения шага t и диаметра d прутка цепи делятся на короткозвенные (тип А) и длиннозвенные (тип В), в которых соответственно $t = 2,6d$ и $t = 3,6d$. По точности изготовления

цепи могут быть калиброванными (исполнение 1) и некалиброванными (исполнение 2).

Пластинчатые цепи применяются в грузоподъемниках электропогрузчиков и автопогрузчиков. Они состоят из параллельных штампованных пластин и валиков с распорными втулками (рис. 2.47, б). Пластинчатые цепи изготавливаются из качественной стали и имеют высокую прочность и гибкость в направлении движения. Недостатками этих цепей являются быстрый износ шарниров и невозможность восприятия нагрузок, перпендикулярных направлению движения цепи. Коэффициент запаса прочности пластинчатых цепей, применяемых в механизмах кранов, по отношению к разрушающей нагрузке должен быть не менее 3...5 в зависимости от групп классификации (режима) механизмов.

Звездочки для сварных цепей выполняются литыми из чугуна или стали. Звенья сварной цепи (рис. 2.48, а) укладываются на звездочки в фасонные гнезда, выполненные по форме звена. *Звездочки для пластинчатых цепей* (рис. 2.48, б) представляют собой зубчатые колеса, зубья которых соответствуют форме впадин и валиков цепи.

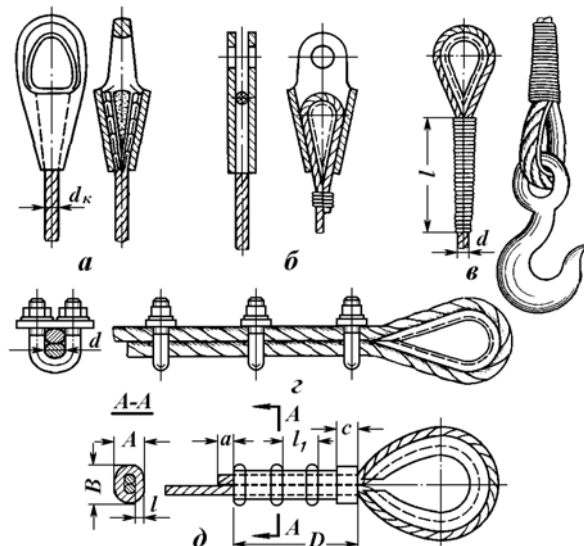


Рис. 2.46. Различные способы крепления каната:

а – канатной втулкой; *б* – клиновой втулкой; *в* – сращиванием каната; *г* – зажимами с коушем; *д* – опрессовкой в стальных трубках

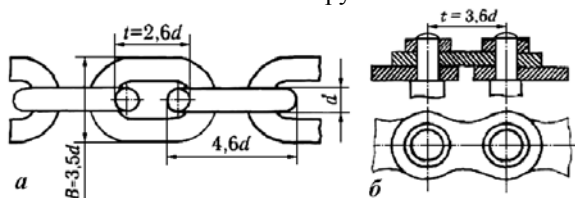


Рис. 2.47. Грузовые цепи:

а – сварная круглозвенная; *б* – пластинчатая

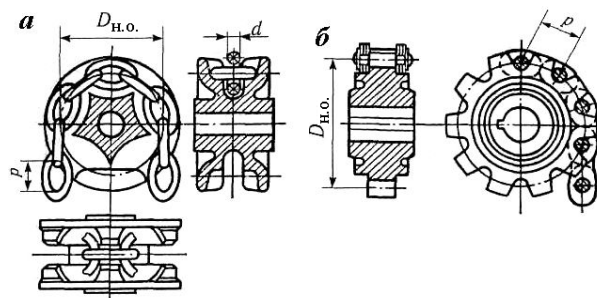


Рис. 2.48. Звездочки:

a – для сварной круглозвенной цепи; *б* – для пластинчатой цепи;

$D_{н.о.}$ – диаметр начальной окружности, мм; p – шаг цепи, мм; d – диаметр прутка сварной цепи (калибр),

мм

Полиспасты – устройства, состоящие из блоков и канатов (рис. 2.49), применяемые для подъема или перемещения груза в горизонтальной плоскости. Применение полиспаста дает выигрыш в силе, уменьшает нагрузку лебедки, но при этом снижает скорость перемещения груза. Полиспасты могут также использоваться для выигрыша в скорости за счет потери в силе, например, в погрузчиках с цепным полиспастом. Передаточным отношением или кратностью полиспаста называется отношение скорости навивки каната на барабан к скорости подъема груза. Различают полиспасты простые и сдвоенные (рис. 2.49, б, в).

В простом полиспасте кратность полиспаста i равна числу рабочих ветвей каната n ($i = n$). При простом полиспасте навивка на барабан происходит одной ветвью каната. Усилие в ветви полиспаста, набегаящей на барабан, составляет:

$$S = Q / n \cdot \eta^m,$$

где Q – вес поднимаемого груза, Н; n – количество рабочих ветвей; η – к.п.д. каждого блока ($\eta = 0,96 \dots 0,98$); m – общее число блоков.

В сдвоенном полиспасте кратность полиспаста $i = n/2$. Сдвоенные полиспасты применяются в мостовых и козловых кранах. Они не дают сдвига груза вдоль оси барабана. При кратности сдвоенного полиспаста, равной кратности простого использование более гибкого каната меньшего диаметра повышает его надежность.

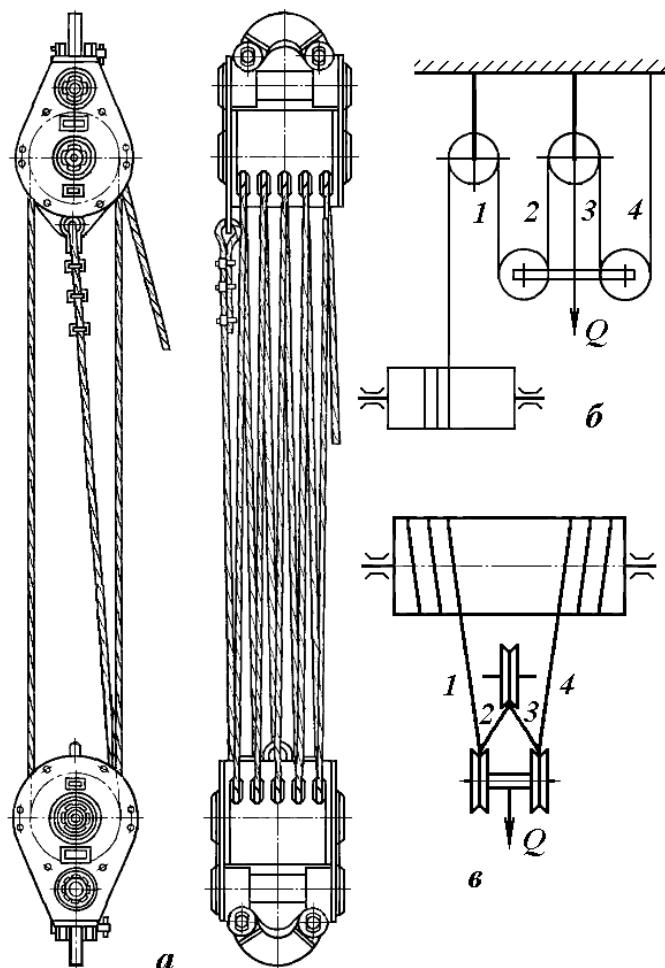


Рис. 2.49. Полиспаст:

а – общий вид 100-тонного полиспаста; *б* – схема запасовки канатов простого полиспаста; *в* – сдвоенного

2.5.2. Остановы и тормоза

Остановы применяются в лебедках, талях и домкратах и предназначены для стопорения и надежного фиксирования поднятого груза в заданном положении, позволяя валу или барабану лебедки вращаться в одном направлении, и препятствуя вращению в обратную сторону. Остановы различают: *по конструкции* – храповые с внешним (рис. 2.50, *а*) и внутренним зацеплением и фрикционные – роликовые (рис. 2.50, *б*) и клиновые; *по назначению* – спускные и стопорные; *по способу действия* – нормально закрытые и нормально открытые; *по типу управления* – автоматические и управляемые.

Храповой останов состоит из храпового зубчатого колеса с зубьями специальной формы, жестко закрепленного на валу или барабане, и собачки, свободно сидящей на неподвижной оси. Собачка вводится в зацепление с зубьями храпового колеса принудительно с помощью пружины (на рис. 2.50 не показана), препятствуя его повороту при опускании груза. При подъеме груза собачка свободно проскальзывает по зубьям колеса, не препятствуя его вращению. Для смягчения ударов при включении останова применяют 2...3 собачки. Конструкция и принцип действия *автоматических фрикционных роликовых остановов* (рис. 2.50, *б*) такие же, как рассмотренных выше обгонных фрикционных роликовых муфт, с той разницей, что один из

элементов – обод или вал неподвижен. *Клиновые фрикционные остановы* в строительных машинах практически не применяются.

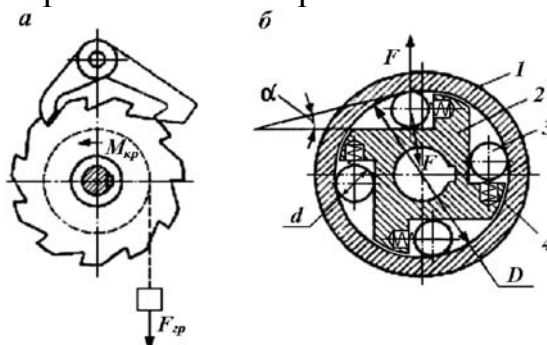


Рис. 2.50. Остановы:

а – зубчатый; *б* – роликовый

Тормоза при необходимости остановки или замедления движения целиком или частично уравнивают тормозным моментом крутящий момент на барабане или валу затормаживаемого механизма. Тормозной момент создается силами трения между контактирующими подвижными и неподвижными элементами тормоза. Подвижный элемент тормоза (шкив, диск) жестко соединен с валом затормаживаемого механизма, а неподвижный (лента, колодка, диск) соединен с корпусом машины.

Тормоза подразделяют:

по назначению – стопорные для остановки механизмов, отключенных от двигателя, или удержания груза на весу и спускные – для регулирования скорости опускания груза;

по характеру действия приводного усилия – нормально замкнутые (постоянно замкнуты усилием пружины или весом груза, размыкаются одновременно с включением механизма в работу), нормально разомкнутые (постоянно разомкнуты и замыкаются оператором при необходимости торможения) и комбинированные (в нормальных условиях работают как нормально разомкнутые, а в аварийных – как нормально замкнутые);

по принципу действия – управляемые (замыкаемые или размыкаемые оператором) и автоматические (с электромагнитным, электрогидравлическим и электромеханическим приводом), замыкаемые одновременно с отключением двигателя механизма, в том числе при перегрузке;

по конструктивному исполнению рабочих элементов тормоза – колодочные, ленточные, дисковые и конусные.

По правилам Госгортехнадзора механизмы подъема груза и изменения вылета стрелы строительных машин оборудуют только нормально замкнутыми тормозами.

Тормозной момент M_T (Н·м), развиваемый тормозом, должен быть больше фактического момента $M_{кр}$ на валу тормозного шкива:

$$M_T = \beta \cdot M_{кр},$$

где β – коэффициент запаса (по нормам Госгортехнадзора $\beta = 1,5; 1,75; 2; 2,5$ соответственно для легкого, среднего, тяжелого, весьма тяжелого режимов работы).

Местом установки тормоза в кинематической цепи механизм (двигатель – редуктор – исполнительный орган машины) обычно является быстроходный

вал с наименьшим крутящим моментом Шкив тормоза, обычно выполняемый заодно с полумуфтой соединительной муфты, устанавливают на валу редуктора, а другую полумуфту на валу двигателя. В особо ответственных механизмах, связанных с подъемом людей, монтируют два тормоза – на быстроходном и тихоходном валах.

Колодочные тормоза (рис. 2.51, а) выполняют обычно с двумя тормозными колодками, зажимающими тормозной шкив с диаметрально противоположных сторон. Сближение тормозных колодок 1 происходит под действием пружины 4, которая стягивает колодки через рычаги 8 и 2 тягой 5 и штоком 3. При включении электродвигателя привода барабана электрический ток поступает в электромагнит 7, рычаг 6 притягивается к якорю и давит на шток, который, преодолевая действие пружины, разводит колодки, освобождая шкив от действия тормоза.

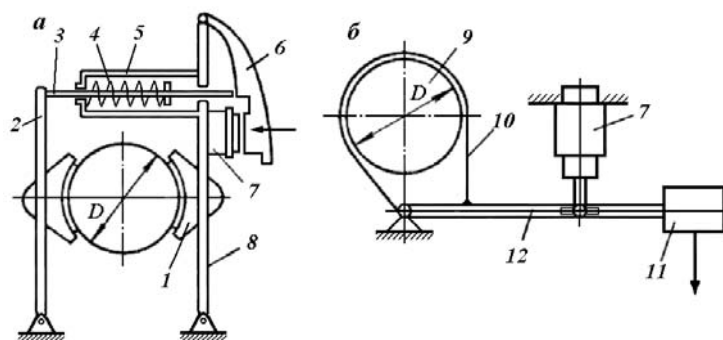


Рис. 2.51. Типы тормозов:

а – двухколодочный; б – ленточный

Внутренняя поверхность тормозных колодок для увеличения трения между колодкой и тормозным шкивом покрыта фрикционными накладками, изготовленными из асбестовой ленты, армированной латунной проволокой.

Усилие прижатия тормозных колодок к шкиву (Н):

$$N_T = M_T / D_T f ,$$

где M_T – тормозной момент, Н·м; D_T – диаметр тормозного шкива, м; f – коэффициент трения между колодкой и шкивом.

Правильность выбора тормоза проверяют по допускаемому давлению $[p]$ (МПа) на фрикционные накладки ($[p] = 0,5 \dots 0,6$ МПа):

$$p = N_T / bl \leq [p],$$

где b – ширина колодки, м; l – длина колодки по дуге обхвата, м.

В грузоподъемных механизмах используются и **ленточные тормоза** (рис. 2.51, б), в котором рычаг 12 под действием груза 11 прижимает тормозную ленту 10, к шкиву 9. При включении электрического тока электромагнит поднимает рычаг и тормозная лента освобождает шкив.

Различают простые, дифференциальные и суммирующие ленточные тормоза, которые отличаются друг от друга способом закрепления набегающего конца тормозной ленты (рис. 2.52). Простые и дифференциальные тормоза являются тормозами одностороннего действия и предназначены для торможения шкивов, вращающихся постоянно в одном направлении. По сравнению с простыми дифференциальные тормоза имеют значительно меньшее усилие включения. Суммирующие тормоза двухстороннего действия

(с одинаковыми плечами рычага) применяются при реверсивной работе шкива, например в механизмах передвижения и поворота.

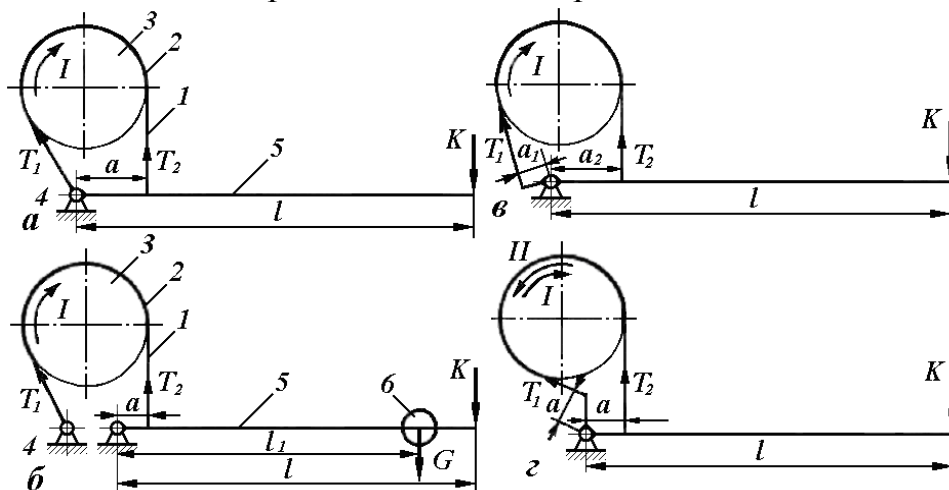


Рис. 2.52. Ленточные тормоза:

a – простой; *б* – простой с грузом на конце рычага; *в* – дифференциальный; *г* – суммирующий

Наибольшее натяжение на набегающем конце ленты $S_{наб}$ (T_1), а наименьшее на сбегающем $S_{сб}$ (T_2) (рис. 2.52, *a*, *б*, *в*); на суммирующем тормозе в зависимости от направления вращения $S_{наб}$ и $S_{сб}$ меняются:

$$S_{наб} = \frac{M_T \cdot e^{\mu\alpha}}{R_{шк}(e^{\mu\alpha} - 1)}; \quad S_{сб} = \frac{M_T}{R_{шк}(e^{\mu\alpha} - 1)}; \quad S_{наб} = S_{сб} \cdot e^{\mu\alpha},$$

где M_T – тормозной момент; $R_{шк}$ – радиус тормозного шкива; μ – коэффициент трения; α – угол охвата тормозного шкива лентой, рад.

Дисковые и конусные тормоза по конструкции и принципу действия аналогичны дисковым и конусным муфтам сцепления (рис. 2.23, *б*, *в*), в которых одна из полумуфт закреплена к корпусу.

Центробежные тормоза применяются в подъемных механизмах, не обладающих способностью самоторможения. Назначение их – автоматически регулировать скорость спуска груза, когда стопорный тормоз предельно отпущен. Наиболее известен центробежный тормоз (рис. 2.53, *a*), имеющий следующее устройство. На шкиве 1 стопорного ленточного тормоза, заклиненном на валу механизма, укреплены оси трех серповидных грузов, концы которых через тяги 2 скреплены с регулирующей втулкой 3. Втулка 3 спиральной пружиной 4 соединена со ступицей шкива 1. На грузы (колодки) 5 болтами крепятся прижимные части 6, которые представляют собой одну из фрикционных поверхностей трения. Второй поверхностью трения служит неподвижный обод 7.

Принцип работы тормоза следующий. Когда шкив 1 достигает определенного числа оборотов, грузы 5 под влиянием центробежной силы расходятся и, преодолев сопротивление пружины 4, затормаживают движение вала. Пружина рассчитывается на такую нагрузку, чтобы при малом числе оборотов тормоз оставался выключенным.

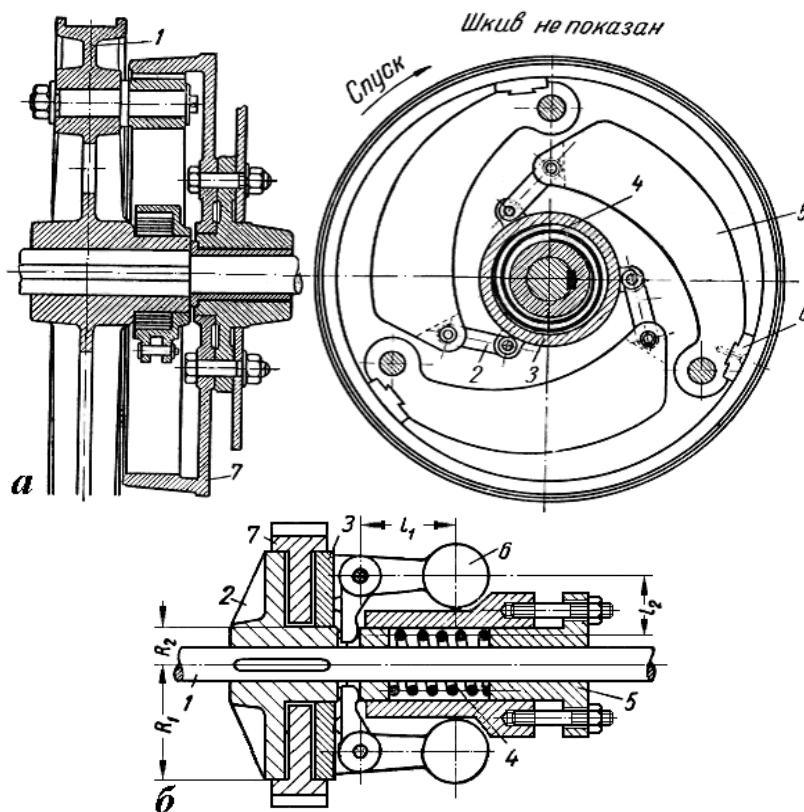


Рис. 2.53. Центробежный тормоз:
 а – с внутренними колодками; б – пластинчатый

Значительным недостатком центробежного тормоза является то обстоятельство, что число оборотов вала, а, следовательно, и скорость опускания груза уменьшаются с уменьшением веса груза, тогда как желательно обратное.

На рис. 2.53, б показан другой центробежный тормоз, имеющий следующее устройство. На валу 1 заклинен диск 2, а на его втулке на шлицах – диск 3. Пружина 4, упирающаяся во втулку 5, положение которой регулируется болтами, стремится раздвинуть диски 2 и 3, между тем как грузы 6, расходящиеся под влиянием центробежной силы через угловые рычаги, стремятся сблизить эти диски. При сближении дисков между ними зажимается неподвижный диск 7, который может являться храповиком, удерживаемым от вращения в сторону спуска собачкой. При установившейся скорости должно существовать равенство между грузовым моментом, стремящимся вращать вал с возрастающей скоростью, и моментом трения между дисками, стремящимися остановить вращение вала.

Если G – вес одного груза; k – число грузов; P – давление пружины; r – расстояние от оси вращения центра тяжести грузов при заданном числе оборотов n скорость на окружности радиуса r составит $v = \pi n r / 60$, то центробежная сила для одного груза будет:

$$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{G\pi^2 r^2 n^2}{gr 30^2}.$$

При $\pi^2/g \approx 1/100$ (g в см/с^2) имеем $F = Gr(n/300)^2$. На диск b_2 будет передана сила:

$$P_2 = Fl_1/l_2 = (Gr l_1/l_2) \cdot (n/300)^2.$$

Так как диск b_1 находится, кроме того, под давлением P пружины, оказывающей давление в сторону, противоположную усилию P_2 , то результирующее осевое усилие S (с учетом действия всех грузов) будет равно:

$$S = kP_2 - P = (kGr l_1/l_2) \cdot (n/300)^2 - P.$$

При двух поверхностях трения действительный тормозной момент M_T будет

$$M_T = 2S\mu(R_1/2 + R_2/2) = S\mu(R_1 + R_2),$$

откуда общее давление P получится равным

$$P = (kGr l_1/l_2) \cdot (n/300)^2 - M_T/\mu(R_1 + R_2).$$

Материал дисков — сталь или бронза; их поверхности должны быть хорошо обработаны и смазаны, тогда коэффициент трения между ними составит $\mu \approx 0,1$. Число оборотов n устанавливается из соображений безопасности и удобства эксплуатации, остальные величины выбираются конструктивно.

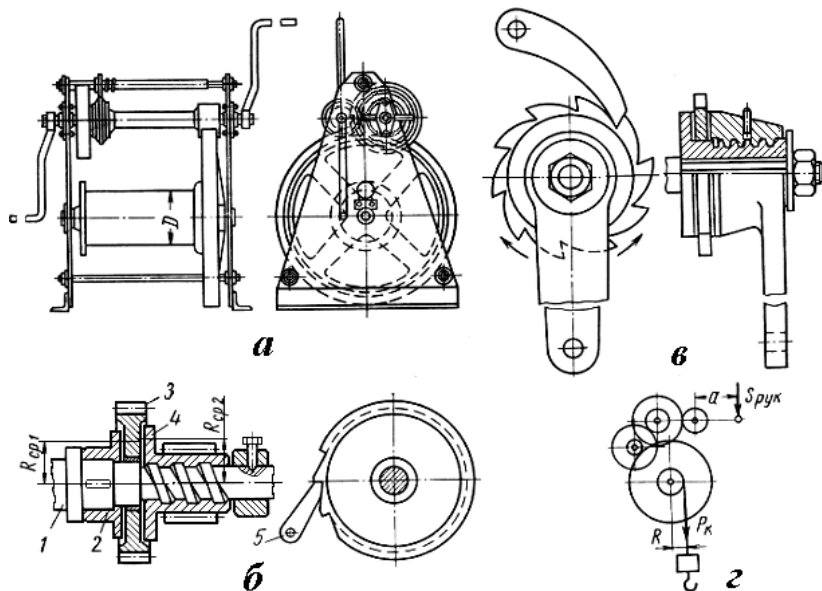


Рис. 2.54. Лебедка с ручным приводом:

а — общий вид; *б* — винтовой грузоупорный тормоз с храповиком; *в* — безопасная рукоятка; *г* — кинематическая схема механизма подъема с ручным приводом

Ручные лебедки снабжаются *автоматическим грузоупорным тормозом с храповиком* (рис. 2.54, *а*, *б*), останавливающим барабан при внезапном освобождении рукоятки. Эти тормоза также относятся к категории автоматических спускных тормозов. На ведущем валу 1 на шпонке посажен тормозной диск 2 ; тормозной диск 4 , объединенный с приводной шестерней, может перемещаться вдоль части вала, имеющей винтовую нарезку. Между тормозными дисками на валу свободно насажено храповое колесо 3 . Направление резьбы таково, что при подъеме груза крутящий момент обеспечивает сближение тормозных дисков, зажимающих храповое колесо. Собачка 5 не препятствует вращению храпового колеса в сторону, соответствующую подъему груза. При прекращении подъема или при случайном освобождении рукоятки собачка, упираясь в зубья храпового колеса,

останавливает вал. Для спуска груза вращают рукоятку в сторону, обратную подъему. Лебедки с небольшими тяговыми усилиями имеют тормоз, объединенный с рукояткой, – безопасные рукоятки (рис. 2.54, в). Принцип действия безопасной рукоятки аналогичен принципу действия грузоупорного тормоза.

2.6. Системы управления

Системы управления предназначены для включения и выключения различных механизмов машин.

По назначению системы управления можно разделить на следующие: управление двигателем; управление муфтами и тормозами; рулевое управление; управление рабочим органом (например, опускание и подъем отвала бульдозера или ковша скрепера, поворот отвала автогрейдера).

По конструкции системы управления строительных машин разделяют на механические, гидравлические, пневматические, электрические и смешанные (комбинированные), аналогично силовым приводам, но в отличие от которых в системах управления передаются значительно меньшие силы. Гидравлические, пневматические и электрические управляющие устройства могут быть снабжены системами следящего действия.

Различают машины с механизированным и с автоматизированным управлением. Автоматизированное управление и контроль рабочего процесса могут осуществляться на базе микропроцессорной техники. Применяются автоматизированное управление на расстоянии, автоматическое управление на базе микропроцессоров и мини-ЭВМ, а также строительные манипуляторы и роботы, роботизированные машины и комплексы.

Механическая система обеспечивает связь руки или ноги машиниста с муфтами и тормозами через рычаги и тяги. Такая конструкция надежна в эксплуатации и имеет высокую чувствительность управления. Основные ее недостатки – необходимость приложения значительных мускульных усилий машиниста к рычагам и педалям, быстрая утомляемость машиниста, ведущая к снижению производительности, необходимость частых смазок и регулировок быстроизнашивающихся шарнирных соединений тяг и рычагов.

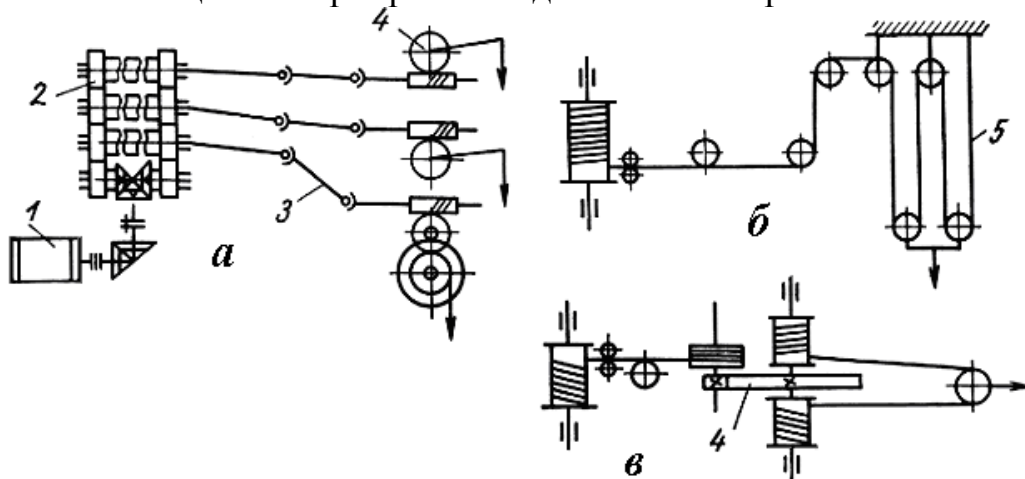


Рис. 2.55. Схемы механических систем управления:

а – редукторная; б – канатно-блочная с полиспастом; в – канатно-блочная с зубчатой передачей; 1 – двигатель; 2 – механизм реверса; 3 – карданный вал; 4 – редуктор; 5 – полиспаст

Редукторная система управления с приводом от двигателя применяется на таких землеройно-транспортных машинах, как автогрейдеры и грейдер-элеваторы, а в других машинах эта система практического применения не нашла. Кинематическая схема этой системы управления показана на рис. 2.55, а. В этих системах применяются червячные, цилиндрические и планетарные редукторы. Наибольшее распространение получили червячные редукторы с самотормозящейся червячной парой. Они обеспечивают фиксацию рабочего органа. При передаче мощности от одного двигателя редукторная система управления выполняется с разветвлением мощности.

Канатно-блочная система управления применяется на скреперах, бульдозерах и на различном навесном тракторном оборудовании (кусторезах, корчевателях и т.п.). Основными частями этой системы управления являются: лебедка, тормоз, направляющие блоки и канатный полиспаст (рис. 2.55, б, в).

В **гидравлической** системе управления рычаги полностью или частично заменены исполнительными гидроцилиндрами одно- или двустороннего действия, создающими необходимое усилие включения муфт, тормозов и других механизмов. Гидравлические системы управления вытесняют канатно-блочные не только в самоходных машинах, но и в навесных и прицепных машинах.

К преимуществам гидросистем управления относятся: независимость относительного расположения агрегатов; легкость включения и выключения; возможность обеспечения большого передаточного отношения; наличие устройств, предохраняющих систему от перегрузок; возможность сравнительно простого осуществления автоматических следящих устройств. Недостатком гидросистемы управления является то, что ее работа в некоторой степени зависит от температуры окружающего воздуха; кроме того, отдельные узлы и детали требуют высококачественной технологической обработки.

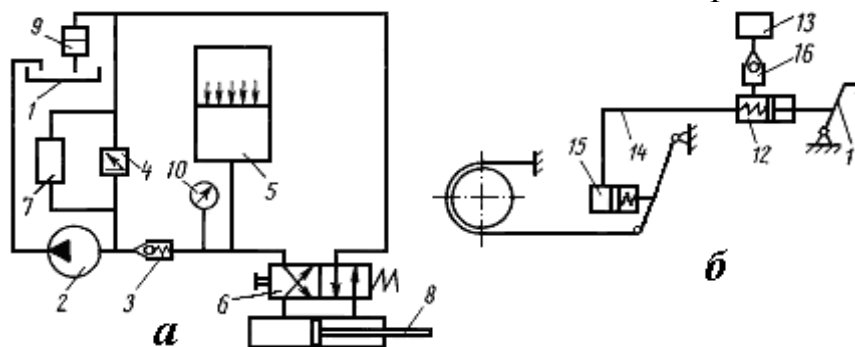


Рис. 2.56. Схемы гидравлического управления:

а – насосная; б – безнасосная

Различают насосную и безнасосную системы управления. В *насосной системе* рабочая жидкость под давлением подается насосом через распределитель, которым управляет машинист, в исполнительный гидроцилиндр, т.е. так же, как в силовом объемном гидроприводе (см. рис. 2.29). В насосной системе (рис. 2.56, а) рабочая жидкость, поступающая из масляного бака 1, нагнетается насосом 2 через обратный клапан 3 к золотникам распределителя 6, одновременно жидкость подводится в аккумулятор 5. Как только давление в аккумуляторе достигает рабочего, автоматически

открывается клапан-пилот 7 и жидкость без давления сливается в бак, что разгружает насос и уменьшается его износ. Если клапан-пилот или система его управления выходят из строя, избыточная жидкость, подаваемая насосом, сливается в бак через предохранительный клапан 4, включенный параллельно и настроенный на несколько большее давление, чем клапан 7.

При остановке насоса обратный клапан 3 закрывается, но в системе давление удерживается гидравлическим аккумулятором 5 – гидроцилиндром с поршнем. При нагнетании рабочей жидкости поршень, перемещаясь, сжимает пружину (или воздух), чем не только обеспечивается необходимое давление жидкости, но и ее резерв. Поэтому становится возможной кратковременная работа механизма управления при выключенном насосе.

В рабочем цилиндре 8 поршень перемещается рабочей жидкостью при открывании золотника распределителя 6. Рабочая жидкость, находящаяся в другой полости цилиндра, вытесняется через распределитель в масляный бак. Фильтр 9 служит для очистки рабочей жидкости от посторонних включений. Давление в сети контролируется манометром 10, установленным за обратным клапаном.

Безнасосные системы управления (рис.2.56, б) просты по конструкции, отличаются большой надежностью и долговечностью, применяются в основном для маломощных машин и механизмов. При нажатии на педаль 11 рабочая жидкость, находящаяся в цилиндре-датчике 12, через трубопровод 14 вытесняется в рабочий цилиндр 15, поршень которого связан с исполнительным механизмом. Утечки жидкости пополняются из бачка 13. Обратный клапан 16 предотвращает возврат жидкости из цилиндра обратно в бачок.

Безнасосное гидравлическое управление является более быстродействующим, чем рычажное или пневматическое, так как обладает большей жесткостью, чем пневматическое, и кинематика его более проста, чем у рычажного. Время действия составляет 0,15...0,2 с. Давление в сети безнасосного гидравлического управления создается усилием оператора, что ограничивает область его применения, поэтому преимущественное распространение получили насосные системы управления. В строительных машинах безнасосное гидравлическое управление часто применяется в сочетании с насосным управлением.

Рабочая жидкость, используемая в безнасосных системах, отличается от рабочей жидкости, применяемой в насосных системах. Например, для управления тормозами легковых автомобилей эту жидкость иногда называют тормозной жидкостью; она может состоять из 50% глицерина и 50% этилового спирта. Рабочая температура тормозной жидкости обычно не превышает температуры окружающего воздуха, поэтому к ней предъявляются повышенные требования по сравнению с жидкостями насосных систем, рабочая температура которых значительно выше температуры окружающей среды.

Рассмотрим использование насосной гидравлической системы для управления поворотом, например дорожных катков (рис. 2.57, а). Водитель рычагом управления 1 изменяет положение золотника в распределителе 3, и масло из бака 6 насосом 5 подается к силовому гидроцилиндру 4, который,

воздействуя на рычаг 2, осуществляет поворот управляемого вальца 7. Для прекращения поворота вальца необходимо золотник вернуть в исходное положение, а для выравнивания вальца золотник должен быть перемещен в противоположную сторону.

Такая система проста и надежна в работе; недостаток – отсутствие чувствительности на рычаге управления при повороте машины. Кроме того, поворот при неработающем двигателе становится практически невозможен.

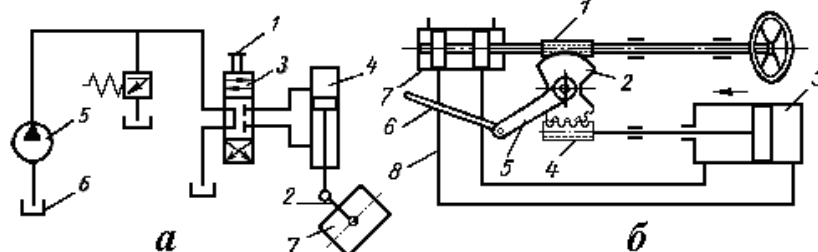


Рис. 2.57. Схемы рулевого управления:

а – с применением гидравлической насосной системы; *б* – с гидроусилителем

На мощных тягачах и тяжелых самоходных машинах получила распространение система рулевого управления с гидроусилителем. Усилительные устройства должны удовлетворять следующим основным требованиям: при выходе усилителя из строя управление машиной должно осуществляться обычным способом, запаздывание в срабатывании усилителя должно быть минимальным.

Упрощенная схема гидроусилителя показана на рис. 2.57, б. При повороте рулевого колеса червяк 1 стремится повернуть сектор 2 червячного колеса и рычаг 5, который тягой 6 должен повернуть колесо. Если сопротивление повороту колес велико и усилие водителя на штурвале недостаточно, червяк, подобно винту в гайке, перемещается в осевом направлении вместе с золотником распределителя 7 и откроет доступ масла через трубопровод 8 в гидроцилиндр 3. Поршень, перемещаясь в цилиндре, штоком через зубчатую рейку 4, зубчатый сектор 2, рычаг 5 и тягу 6, повернет колеса, одновременно с этим червячный сектор, воздействуя на червяк, переместит его вместе с золотником распределителя в исходное положение и прекратит движение поршня. При повороте штурвала в противоположную сторону в таком же порядке произойдет обратный поворот колес.

В гидравлических и пневматических приводах управление сервомоторами (гидроцилиндрами) осуществляется при помощи золотниковых устройств. Во многих случаях необходимо, чтобы исполнительный орган следил за изменением положения рукояток, педалей или штурвалов, т.е., чтобы он перемещался одновременно с перемещением органов управления. Например, при повороте штурвала управления колесами трактора, автомобиля или другой колесной машины колеса должны поворачиваться синхронно с поворотом штурвала. Если в системе управления установить обычный гидроусилитель (например сервомотор), то при повороте штурвала и перемещении золотника сервопривод задает угол поворота машины больший, чем требуется (повернет колеса до предельного положения).

Чтобы исполнительный орган «следил» за движением рычагов, приводимых в движение машинистом, применяют следящие системы (рис. 2.58). При повороте рулевого колеса 3, например, вправо поршень гидроцилиндра рулевой колонки 4 перемещается влево с помощью закрепленной на поршне гайки, которая навинчивается по нарезке вала руля. При этом он вытесняет часть жидкости из левой полости в сервоцилиндр 7. Под действием давления жидкости поршень сервоцилиндра переместится влево и сдвинет следящий золотник 8 из нейтрального положения II в положение III. При этом жидкость от насоса 2 поступит к двойному управляемому обратному клапану 9, откроет его и переместит поршень рабочего цилиндра 10. Из полости рабочего цилиндра 12 жидкость через клапан 9 и золотник 8 поступит в сливную линию. При этом будет осуществлен поворот колес машин на определенный угол. При остановке золотника поршень будет перемещать траверсу 11, а последняя – корпус следящего золотника влево до восстановления положения II. Подача жидкости к цилиндру 10 и, следовательно, поворот колес прекратятся. Пружинный аккумулятор 13 с зарядными (14) и обратными клапанами (5 и 6) служит для пополнения системы управления маслом в случае его утечки через уплотнения, клапаны 15 и 16 – для регулирования системы. Система рычагов, связывающих шток сервопоршня с осью золотника, обеспечивает обратную связь.

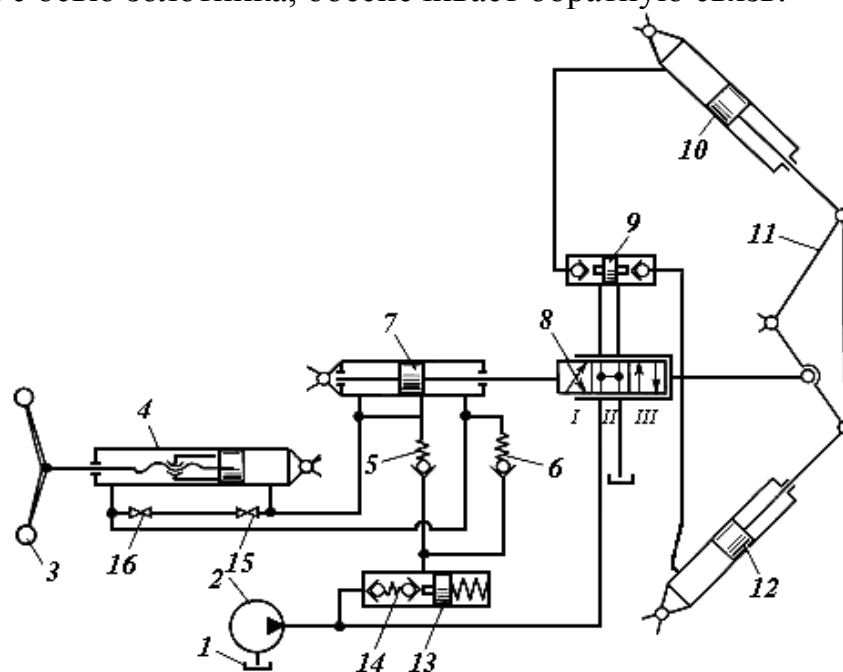


Рис. 2.58. Схема управления со следящей системой

Пневматическая система управления отличается от гидравлической насосной тем, что в ней вместо жидкости используется воздух, подаваемый компрессором под давлением до 0,7...0,8 МПа. Вследствие сжимаемости воздуха и установки дросселей нарастание давления в исполнительных органах может легко регулироваться в необходимых пределах.

Исполнительными органами такой системы (рис. 2.59) являются пневмоцилиндры 4 и пневмокамеры 5 одностороннего действия, подвижные элементы которых (поршень или диафрагма со штоком) передают усилие

включаемому механизму. Возврат штока в исходное положение обеспечивается пружиной. Работой пневмоцилиндров и камер управляют с помощью регулируемых и не регулируемых пневмоаппаратов 3. Нерегулируемый пневмоаппарат в виде крана, соединяющий ресивер 2 компрессора 1 с рабочей полостью пневмоцилиндра (камеры), обеспечивает подачу сжатого воздуха в пневмоцилиндр без изменения давления. Регулируемый пневмоаппарат позволяет изменять давление воздуха в исполнительном органе, обеспечивая повышенную плавность включения механизма. По сравнению с гидравлической пневматическая система управления обеспечивает более высокую плавность включения.

Основные ее недостатки – сравнительно большие размеры исполнительных органов из-за низкого давления в системе и возможность замерзания конденсата, содержащегося в сжатом воздухе.

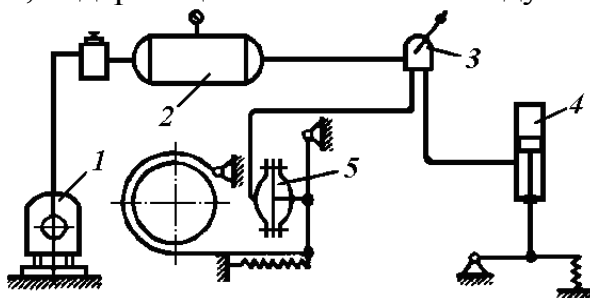


Рис. 2.59. Схема пневматического управления

Электрическая система управления применяется в машинах с индивидуальным электрическим приводом механизмов и обеспечивает пуск и остановку электродвигателей, регулирование частоты их вращения, реверсирование, безопасную работу и т.п. В состав такой системы входят магнитные пускатели, контроллеры, реле различных типов, автоматические выключатели, кнопки управления «Пуск» и «Стоп», блокирующие устройства, тормозные электромагниты и т.п. Электрические системы управления надежны, просты и удобны в эксплуатации, обеспечивают дистанционное управление механизмами и всей машиной в целом, создают возможность автоматизации работы.

Системы автоматизации управления силовыми установками привода машин в основном направлены на повышение эффективности использования машин и коэффициента использования мощности установленных двигателей силовых установок и двигателей привода основных механизмов, что также способствует повышению производительности машин. Решение этих задач в основном осуществляется путем регулирования нагрузки и скорости движения рабочих органов и двигателей машины для поддержания работы в оптимальных режимах, обеспечивающих их максимальные к.п.д., номинальную мощность и минимальную амплитуду их колебаний.

К таким системам относятся автоматизированные системы гидро- или электроприводов машин, обеспечивающие оптимизацию работы двигателей силовых установок независимо от резко изменяющихся условий нагружения исполнительных механизмов, а также рекуперацию энергии при торможении больших инерционных масс (поворот одноковшовых экскаваторов, опускание

рабочего оборудования и т.п.). При автоматизации управления машинами применяются комбинированные системы – гидроэлектрические, гидропневмоэлектрические и т.п.

Автоматизация управления рабочими органами, например, землеройно-транспортных машин, многоковшовых траншейных экскаваторов, одноковшовых экскаваторов с оборудованием для планировочных работ в последнее время все более успешно осуществляется с помощью лазерных координаторов. Это позволяет осуществлять планировку земляного сооружения с минимально допустимыми местными отклонениями от средней плоскости до ± 5 см, выдерживать уклоны траншей или поверхностей насыпей и выемок до $+0,05$, а при устройстве закрытого дренажа до $\pm 0,0005$.

Принцип работы лазерных координаторов на примере обеспечения рабочим органом заданного уклона показан на рис. 2.60. Лазерный излучатель создает оптическую плоскость, относительно которой определяются высотные отметки точек поверхности участка, на котором работают машины. Лазерные системы управления применяют для управления машин, работающих на расстоянии от лазерного излучателя обычно до 500 м.

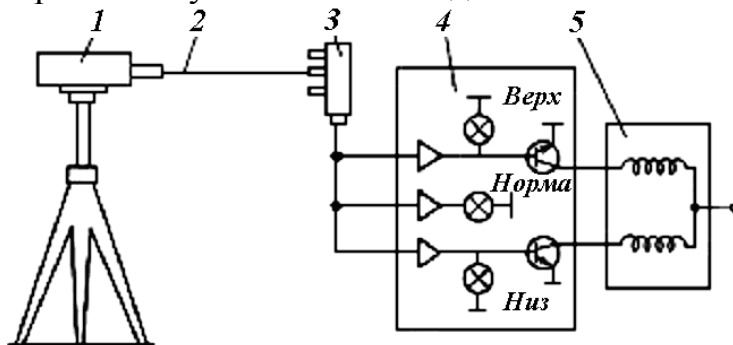


Рис. 2.60. Схема управления рабочим органом землеройной машины для выдерживания уклонов и планировки: 1 – лазерный излучатель; 2 – луч; 3 – фотоприемник; 4 – блок усиления и выработки команд; 5 – электромагниты электрогидравлических золотников управления приводом рабочего органа

Лазерные системы позволяют: автоматизировать управление группой машин по нескольким координатам с помощью одного излучателя; значительно снизить трудоемкость и повысить точность установки опорной линии или опорной плоскости; повысить устойчивость системы управления и за счет этого увеличить скорость рабочего процесса. Широкое использование лазерных систем при автоматизации машин для земляных работ ограничивается в основном пока еще достаточно высокой их стоимостью.

Важными направлениями в совершенствовании лазерных систем управления машинами являются: оптимизация размещения фотоприемных устройств на рабочем оборудовании с учетом его конструкции, количества регулируемых координат и характера внешних возмущений; адаптации системы к изменению расстояния между управляемой машиной и излучателем; разработка систем управления группой машин по индивидуальным программам от одного излучателя; создание устройств пропорционального регулирования в системах электрогидравлического управления в комплексе с микропроцессорами.

Г л а в а 3

Транспортные средства

3.1. Общие сведения и особенности тягового расчета

Одним из основных этапов технологического процесса современного строительства является доставка к месту производства работ строительных материалов, изделий, конструкций и оборудования, осуществляемая транспортными средствами. Выбор вида транспортных средств определяется наличием коммуникаций, а также характером и количеством перемещаемых грузов, временем, отведенным на их доставку и дальностью перевозок. На крупные стройки и на предприятия по производству строительных материалов и конструкций возможна доставка грузов железнодорожным и водным транспортом, но многие строительные объекты удалены от таких коммуникаций и для них доступен только безрельсовый транспорт. В основном, это автомобили, тракторы и тягачи, которые кроме грузоперевозок используют как тяговые средства прицепных и полуприцепных строительных машин, а также в качестве унифицированной базы навесных строительных машин – экскаваторов, бульдозеров, скреперов, бурильных и сваебойных установок, кранов, погрузчиков и т.п. Отдельные узлы автомобилей, тракторов и тягачей используют в строительных машинах.

Выбор вида транспортного средства с соответствующим ходовым оборудованием определяется проходимостью и необходимой скоростью передвижения. Транспортные средства на пневмоходу имеют более высокую скорость, чем гусеничные, но их проходимость в условиях бездорожья ниже. Гусеничные машины, как правило, обладают большой проходимостью на рыхлых и переувлажненных грунтах благодаря низкому давлению на грунт, но по сравнению с колесными машинами они более тихоходны. При движении в гусеничном движителе имеют место большие потери на трение. Кроме того, гусеничные машины разрушают дорожное покрытие, поэтому в городских условиях их приходится перевозить на трейлерах.

Техническая производительность средств безрельсового транспорта (т/ч):

$$\Pi_T = \frac{3600 Q k_{\Gamma} k_{\text{пр}}}{k_{\text{р.т}} \sum 7,2 \cdot l / v + t_z + t_p + t_m},$$

где Q , – грузоподъемность, т; k_{Γ} , $k_{\text{пр}}$ – коэффициенты использования по грузоподъемности и пробегу; $k_{\text{р.т}}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на разгон и торможение; l – дальность транспортирования в одну сторону, м; v – скорость движения, км/ч; t_z , t_p , t_m – время загрузки, разгрузки и маневрирования, с.

В тяговом расчете автомобиля, трактора или тягача необходимо учитывать вес перевозимого груза, а также то, что прицеп не имеет ведущих колес. Расчет, как правило, проводится упрощенно. Полное сопротивление W (Н) движению автомобиля, перевозящего груз:

$$W_{\Sigma} = (G_a + G_r)(W_k + W_v \pm W_y \pm W_i),$$

где G_a и G_r – вес автомобиля и груза, Н; W_k – сумма сопротивлений колес (гусениц) и трения в трансмиссии при движении на прямом горизонтальном участке; W_v – сопротивление воздуха (ветра); W_y – сопротивление ускорения (торможения); W_i – сопротивление движению на подъеме.

Такие виды сопротивлений, как сопротивление воздуха, сопротивление при движении на криволинейных участках пути и сопротивление ускорения при тяговых расчетах средств горизонтального транспорта, используемых на строительстве, обычно не учитываются. Значения основного удельного сопротивления W_k движению автомобилей, тракторов, тягачей и прицепов приводятся в справочниках. Значение дополнительного удельного сопротивления W_i на подъеме принимают равным величине уклона пути i (в тысячных долях).

Для тракторов и пневмоколесных тягачей, буксирующих прицепы

$$W_{\Sigma} = G_m(W_k \pm W_i) + nG_p(W_{k,пр} \pm W_i),$$

где G_m – собственный вес машины, буксирующей прицеп (автомобиля, трактора, тягача), Н; G_p – вес прицепа с грузом, Н; n – число прицепов; $W_{k,пр}$ – сумма сопротивлений колес прицепа при движении на прямом горизонтальном участке.

Для движения автомобиля или любого тягача с прицепом необходимо следующее условие:

$$G_{сц}\varphi \geq P_k \geq W_{\Sigma},$$

где P_k – сила тяги на ведущих колесах (гусеницах), возникающая в результате работы двигателя и взаимодействия колес (гусениц) с дорогой, Н; $G_{сц}$ – сцепной вес, приходящийся на ведущие колеса (гусеницы), Н; φ – коэффициент сцепления колес (гусениц) с поверхностью дороги, равный 0,3...0,6 для пневмоколесных и 0,5...0,9 для гусеничных машин.

Приведенный в 2.4 тяговый расчет справедлив для любых самоходных машин, но в зависимости от вида машины, условий работы, скорости и других факторов необходимо правильно учесть составляющие сопротивления передвижения. Так, например, при передвижении башенных кранов необходимо обязательно учитывать давление ветра из-за большой парусности металлоконструкций.

3.2. Грузовые автомобили

Грузовые автомобили могут развивать сравнительно большую скорость (до 80 км/ч), обладают маневренностью, и относительно малым радиусом поворота. Они могут преодолевать довольно крутые подъемы и спуски, приспособлены для работы с прицепами, полуприцепами общего и специального назначения, а также могут быть оснащены погрузо-разгрузочными механизмами. Различают автомобили общего назначения и специализированные. К автомобилям общего назначения относят машины с кузовом в виде открытой сверху платформы с бортами, бортовые автомобили повышенной проходимости, а также автомобили-тягачи со сцепными устройствами для работы с прицепами, полуприцепами.

Ходовая часть автомобиля состоит из несущей рамы, на которой монтируются все агрегаты, кузов и кабина водителя, переднего и заднего

мостов с пневмоколесами и упругой подвески, соединяющей несущую раму с мостами. В раме обе продольные балки выполняются из гнутых швеллеров, которые обеспечивают жесткость при работе на изгиб, но допускает деформацию кручения, что вместе с упругой подвеской в виде рессор (пружин) обеспечивает относительно равномерную передачу нагрузки на все колеса при наличии неровностей на строительной площадке или на дороге. Амортизаторы гасят колебания рессор. Колеса автомобилей нормальной проходимости имеют пневматические шины высокого ($0,5...0,7$ МПа) давления, а автомобилей повышенной проходимости – шины низкого ($0,17...0,49$ МПа) давления с увеличенной опорной поверхностью.

Грузовые автомобили массового производства (рис. 3.1, а, б) имеют единую конструктивную схему и состоят из трех основных частей: двигателя 1, шасси 3 и кузова 2. На грузовых автомобилях применяют двигатели внутреннего сгорания как карбюраторные, так и дизельные мощностью $50...220$ кВт. Шасси автомобиля включают механическую или гидромеханическую трансмиссию, ходовую часть и механизмы управления. Кузова бортовых автомобилей представляют собой деревянную или металлическую платформу с откидными бортами и предназначены для перевозки преимущественно штучных грузов. Вместе с одноосными прицепами и прицепами-ропусками бортовые автомобили применяют для перевозки длинномерных грузов – труб, свай, бревен, металлопроката и т.п.

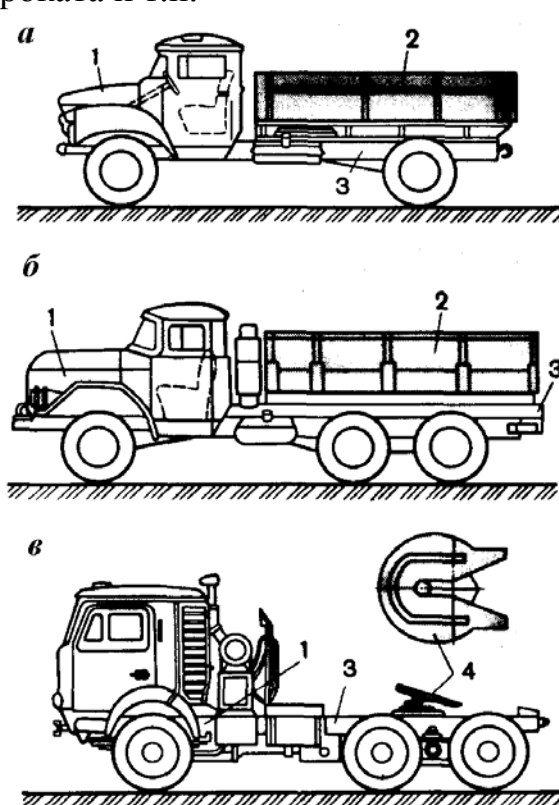


Рис. 3.1. Грузовые автомобили общего назначения

Грузоподъемность отечественных автомобилей – $0,8...14$ т. Грузовые автомобили классифицируют на автомобили малой грузоподъемности – $0,8...2$ т, средней – $2...5$ т, большой – $5...10$ т и особо большой грузоподъемности – свыше 10 т. На основе стандартных шасси с укороченными базой и задним

свесом рамы выпускаются автомобильные тягачи седельного типа (рис. 3.1, в), работающие в сцепе с одно- и двухосными полуприцепами. На раме 3 шасси такого тягача крепится опорная плита и седельно-сцепное устройство 4, воспринимающее часть нагрузки от полуприцепа и передающее ему тяговое усилие от автомобиля. Седельные автотягачи с полуприцепами позволяют эффективней использовать мощность двигателя и увеличить грузоподъемность автомобиля (до 4...25 т).

Трансмиссия (рис. 3.2, 3.3) изменяет и передает крутящий момент от вала двигателя 1 к ведущим колесам 8, а также приводит в действие оборудование, установленное на автомобилях.

Постоянно замкнутая в движении дисковая фрикционная муфта (сцепление) 2 предназначена для плавного соединения и быстрого разъединения работающего двигателя с трансмиссией. Коробка передач 3 ступенчато изменяет крутящий момент, подводимый к ведущим колесам в зависимости от условий движения, и обеспечивает движение автомобиля задним ходом; служит для разъединения работающего двигателя с трансмиссией при длительных остановках машины. Карданный вал 4, передает крутящий момент от коробки передач к поддрессоренному заднему мосту. Шарнир Гука позволяет передавать крутящий момент под углом, а два таких шарнира компенсируют перемещение ведущих колес относительно рамы, изменяя плоскость передаваемого крутящего момента. Изменение длины карданного вала происходит за счет шлицевой муфты.

Главная передача 5 увеличивает крутящий момент и через дифференциальный механизм 6, передает движение полуосям (валам) 7 и закрепленным на них ведущим колесам 8. Главную передачу, дифференциал и полуоси, заключенные в кожух, называют *ведущим мостом*. Дифференциал служит для обеспечения различных угловых скоростей ведущих колес при движении автомобиля на поворотах и по неровной поверхности, что обеспечивает устойчивость движения автомобиля в этих условиях. Но срабатывание дифференциала может быть опасным, если на ведущих колесах с одной стороны изменяется сопротивление грунта, тогда автомобиль разворачивает в эту же сторону, например, при наезде правой стороной на рыхлый грунт обочины машину может выбросить в кювет. При снижении сцепления с одной из сторон (лед или мокрая глина) ведущее колесо на этой стороне начинает буксовать; чтобы избежать этого в автомобилях устанавливают управляемое из кабины устройство, блокирующее дифференциал.

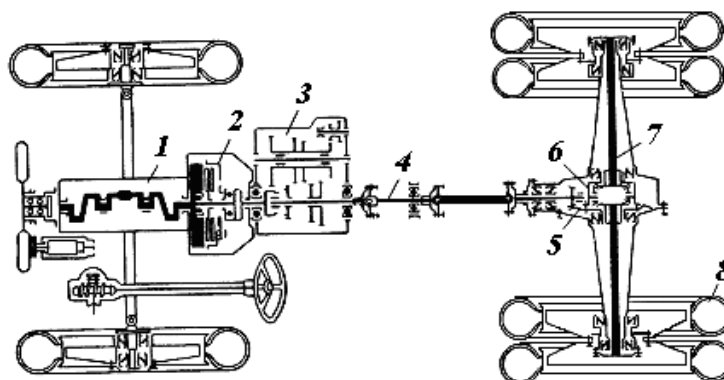


Рис. 3.2. Кинематическая схема автомобиля

Составными частями дифференциала (рис. 3.3, *з*) являются шестерни 15, закрепленные на полуосях 7, сателлиты 13 и рамка (корпус) 14, которая закреплена на ведомой шестерне главной передачи 5. При прямолинейном движении автомобиля по ровной дороге полуоси 7 с шестернями 15 вращаются с одинаковой скоростью, равной скорости вращения рамки 14, а сателлиты остаются неподвижными относительно своих осей. Если одно из ведущих колес будет испытывать большее сопротивление, сателлиты начнут перекатываться по замедлившей свое вращение шестерне 15, при этом вторая шестерня 15 за счет вращения сателлитов относительно своих осей начнет вращаться быстрее.

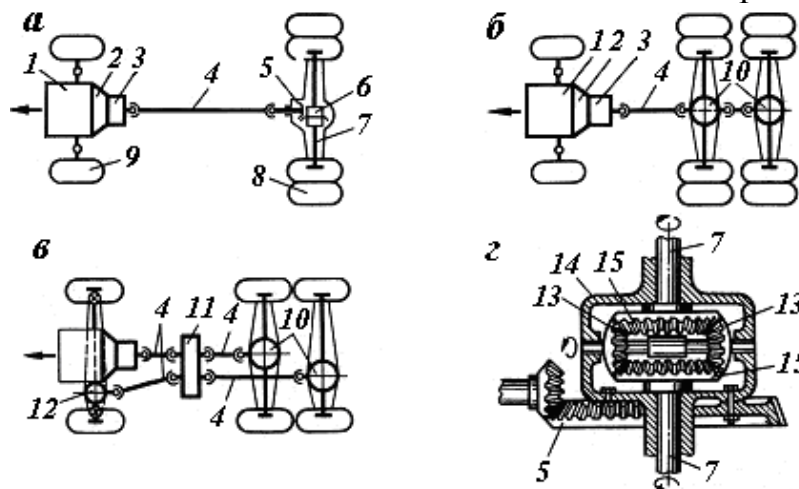


Рис. 3.3. Схемы механических трансмиссий грузовых автомобилей

Механизмы управления объединены в две независимые системы: рулевую – для изменения направления движения автомобиля поворотом передних управляемых колес и тормозную – для снижения скорости или быстрой остановки, а так же для удержания автомобиля на уклоне.

Автомобили обозначают колесной формулой $A \times B$, где A – общее количество колес, B – число ведущих колес, причем сдвоенные скаты задних мостов считают за одно колесо. Отечественная промышленность выпускает бортовые автомобили и седельные тягачи: двухосные с колесной формулой 4×2 и 4×4 , трехосные с колесной формулой 6×4 , 6×6 . Автомобили с колесной формулой 4×2 и 6×4 относят к машинам ограниченной (дорожной) проходимости; они предназначены для эксплуатации на усовершенствованных и грунтовых дорогах. Автомобили с колесной формулой 4×4 и 6×6 относят к машинам повышенной и высокой проходимости, и они могут

эксплуатироваться в условиях пересеченной местности и бездорожья. На рис. 3.3, *а* показана схема механической трансмиссии автомобиля с колесной формулой 4×2, на рис. 3.3, *б* – с колесной формулой 6×4. У автомобиля с колесной формулой 6×6 (рис. 3.3, *в*) передний ведущий мост 12 с управляемыми колесами и задние ведущие мосты 10 приводятся в действие от раздаточной коробки 11 через карданные валы 4.

В условиях строительства перевозки строительных материалов осуществляются в основном по временным дорогам, имеющим пониженную несущую способность. Поэтому в условиях строительства все большее применение находят автомобили повышенной проходимости, снабженные передним ведущим мостом, имеющих увеличенный дорожный просвет, а так же с увеличенным количеством осей, у которых все колеса ведущие. Раздаточная коробка при необходимости может включаться специальным рычагом из кабины водителя и вращение от двигателя начнет передаваться как на задние, так и на передние колеса.

Другим средством повышения проходимости автомобиля является применение односкатных колес на заднем мосту. В этом случае колеса заднего моста точно проходят по уже уплотненному следу передних колес, что повышает проходимость машин при движении по рыхлому песку или снежной целине. Эффективным средством повышения проходимости автомобиля является применение системы централизованной подкачки шин. Эта система позволяет водителю непосредственно из кабины изменять давление воздуха во всех колесах. Снижение давления в колесах при движении по слабой поверхности увеличивает площадь контакта колес с дорогой, т.е. уменьшает удельное давление на грунт, что улучшает проходимость машины. Проходимость автомобилей повышают также применением шин с глубокими грунтозацепами, шипами, а также использованием цепей, надеваемых на колеса.

3.3. Тракторы и пневмоколесные тягачи

Тракторы применяют для транспортирования на прицепах строительных грузов и оборудования по грунтовым и временным дорогам, вне дорог, в стесненных условиях, а также передвижения и работы навесных и прицепных строительных машин. Они делятся на сельскохозяйственные, промышленные и специальные (для горных, подводных, подземных и других специальных работ). По конструкции ходового оборудования различают гусеничные и колесные тракторы. Главным параметром тракторов является максимальное тяговое усилие на крюке, по величине которого (тс) их относят к различным классам тяги. В строительстве используют тракторы сельскохозяйственного типа классов тяги 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 15 и 25 (по сельскохозяйственной классификации) и промышленного типа классов тяги 10; 15; 25; 35; 50 и 75 (по промышленной классификации). Тракторы промышленного типа по своим конструктивно-эксплуатационным параметрам наиболее полно соответствуют требованиям, предъявляемым к тяговым средствам и базовым машинам в строительстве. Класс тяги по промышленной классификации означает

максимальную силу тяги без догрузки навесным оборудованием на передаче со скоростью 2,5...3 км/ч для гусеничных и 3...3,5 км/ч для колесных тракторов, обеспечивающей эффективную работу с землеройным оборудованием.

Гусеничные тракторы характеризуются значительным тяговым усилием на крюке (не менее 30 кН), надежным сцеплением гусеничного хода с грунтом, малым удельным давлением на грунт (0,02...0,06 МПа) и высокой проходимостью. Их скорость не превышает 12 км/ч. Мощность двигателей гусеничных тракторов 55...600 кВт.

Основные узлы тракторов – двигатель, силовая передача (трансмиссия), рама, ходовое устройство, система управления, вспомогательное и рабочее оборудование. Рабочее оборудование предназначено для использования полезной мощности двигателя при работе трактора с навесными и прицепными машинами. К рабочему оборудованию относят прицепное устройство, работающее от вала отбора мощности, приводного шкива или гидравлической навесной системы.

Гусеничные тракторы оснащают дизелями, механическими, гидромеханическими и электромеханическими трансмиссиями. Расположение двигателя может быть передним (рис. 3.4, а), средним и задним (рис. 3.4, б). Наибольшее распространение получили гусеничные тракторы с передним расположением двигателя и механическими трансмиссиями. Трансмиссия служит для передачи крутящего момента от вала двигателя к ведущим звездочкам гусеничных лент (гусениц), плавного трогания и остановки машины, изменения тягового усилия трактора в соответствии с условиями движения, изменения скорости и направления его движения, а также привода рабочего оборудования.

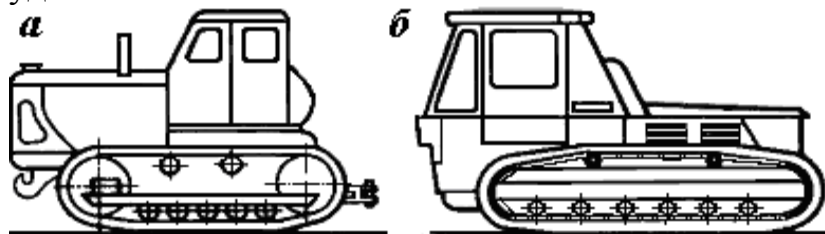


Рис. 3.4. Гусеничные тракторы

Пневмоколесные тракторы обладают сравнительно большими (до 40 км/ч) скоростями передвижения, высокой мобильностью и маневренностью. Их используют как транспортные машины и как базу для установки различного навесного оборудования (погрузочного, кранового, бульдозерного и землеройного), применяемого при производстве землеройных и строительно-монтажных работ небольших объемов на рассредоточенных объектах. Сравнительно высокое удельное давление на грунт (0,2...0,4 МПа) снижает проходимость пневмоколесных тракторов, поэтому их использование наиболее эффективно на твердом покрытии.

Пневмоколесные тракторы оснащаются дизелями, механическими и гидромеханическими трансмиссиями. Мощность их двигателей 47...220 кВт. По типу системы поворота различают тракторы с передними управляемыми колесами (рис. 3.5, а), со всеми управляемыми колесами и с шарнирно

сочлененной рамой (рис. 3.5, б). Наиболее распространены пневмоколесные тракторы с механической трансмиссией и передними управляемыми колесами.

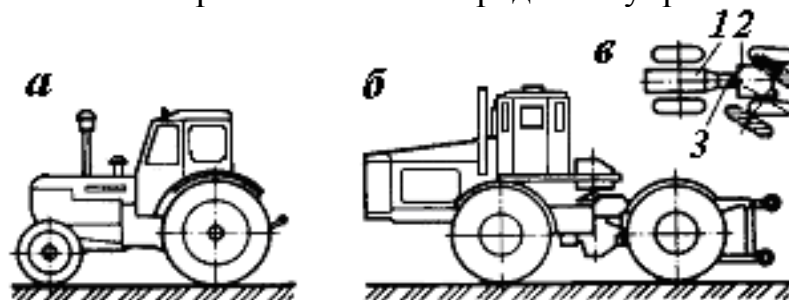


Рис. 3.5. Пневмоколесные тракторы

Размещение, назначение и устройство основных узлов пневмоколесного трактора с механической трансмиссией и передними управляемыми колесами примерно такие же (за исключением рабочего оборудования), как у рассмотренного выше автомобиля. Пневмоколесные тракторы с шарнирно сочлененной («ломающейся» в плане) рамой обладают высокой маневренностью, малым радиусом поворота и применяются для работы в стесненных условиях. Рама такого трактора (рис. 3.5, б) состоит из двух полурам – передней 1 и задней 2, соединенных между собой универсальным шарниром 3. Маневрирование машины производится путем поворота передней полурамы относительно задней вокруг вертикальной оси шарнира на угол до 40° в плане от продольной оси машины с помощью двух гидроцилиндров двустороннего действия. Каждая из полурам опирается на ведущий мост с управляемыми колесами. Трансмиссия тракторов с шарнирно сочлененной рамой – механическая и гидромеханическая.

В состав *механической трансмиссии гусеничного трактора* (рис.3.6, а) входят: фрикционная дисковая муфта сцепления 2, коробка передач 3, соединительные валы, главная передача 4, механизм поворота в виде двух постоянно замкнутых многодисковых фрикционных муфт с тормозами (бортовые фрикционы) 5 и бортовые редукторы 6, соединенные с ведущими звездочками 7 гусениц. Бортовые редукторы могут иметь планетарные передачи. Муфта сцепления и коробка передач выполняют те же функции, что и одноименные узлы автомобиля. Главная передача и бортовые редукторы увеличивают крутящий момент, подводимый от двигателя 1 к ведущим звездочкам гусениц. При обоих включенных фрикционах ведущие звездочки 7 гусениц вращаются синхронно, что обеспечивает прямолинейное движение машины. Частичным или полным отключением одного из бортовых фрикционов уменьшают скорость движения соответствующей гусеницы, в результате чего происходит поворот трактора в сторону отстающей гусеницы. На наружные (ведомые) барабаны фрикционов действуют ленточные тормоза 8, осуществляющие торможение отключенной гусеницы для более крутого поворота трактора, а также торможение обеих гусениц при движении трактора на уклонах и для его остановки.

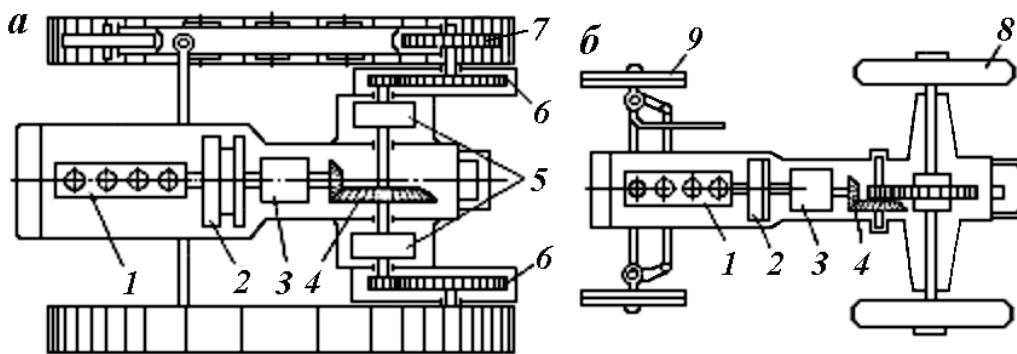


Рис. 3.6. Кинематические схемы тракторов:

а – гусеничного; б – колесного

Механическая трансмиссия колесного трактора (рис. 3.6, б) отличается от гусеничного тем, что на выходном зубчатом колесе главной передачи закреплен дифференциальный механизм, через который крутящий момент передается на полуоси и далее на ведущие колеса 8 (как в трансмиссии автомобиля). В тракторах без упругой подвески нет карданного вала. В таких тракторах амортизация колебаний и ударов, возникающих из-за неровностей дороги, происходит за счет пневмошин. В системе рулевого управления, управляющего поворотными колесами 9, как в автомобиле имеется рулевая трапеция для поворота колес, движущихся по разным радиусам, под разными углами.

Механические трансмиссии серийных гусеничных тракторов, используемых в качестве базы строительных машин, передвигающихся при работе на пониженных (до 1 км/ч) рабочих скоростях, дооборудуются гидромеханическими ходоуменьшителями, состоящими из аксиально-поршневого гидромотора и зубчатого редуктора. Гидромеханические ходоуменьшители позволяют плавно (бесступенчато) регулировать скорость движения машины в зависимости от меняющейся внешней нагрузки.

В *гидромеханической трансмиссии* используется механическая ступенчатая коробка передач и гидротрансформатор, заменяющий муфту сцепления. Гидротрансформатор обеспечивает автоматическое бесступенчатое изменение крутящего момента, а также скорости движения трактора в пределах каждой передачи коробки в зависимости от общего сопротивления движению машины. Это позволяет уменьшить число переключений передач, повысить долговечность двигателя и трансмиссии, уменьшить вероятность остановки двигателя при резком увеличении нагрузки.

В *электромеханической трансмиссии* крутящий момент дизеля передается через постоянно замкнутую фрикционную муфту, карданный вал и ускоряющий редуктор силовому генератору, питающему постоянным током тяговый электродвигатель. Крутящий момент якоря тягового электродвигателя передается главной конической передачей планетарным механизмам поворота, бортовым редукторам и ведущим звездочкам гусеничных лент. Электромеханическая трансмиссия по сравнению с механической и гидромеханической имеет более простую кинематику (отсутствует ступенчатая коробка передач). Она обеспечивает высокие тяговые качества трактора за счет плавного бесступенчатого регулирования скоростей движения машины в

зависимости от нагрузки. Основные недостатки такой трансмиссии – сложность конструкции, сравнительно большие габаритные размеры и масса, высокая стоимость.

Пневмоколесные тягачи предназначены для работы со сменным навесным и прицепным оборудованием различного вида. По сравнению с гусеничными тракторами они более просты по конструкции, имеют меньшую массу, большую долговечность, дешевле в изготовлении и эксплуатации. Большие скорости тягачей (до 50 км/ч) и хорошая маневренность в значительной мере способствуют повышению производительности навесного или прицепного рабочего оборудования. На базе колесных тягачей, используя различное сменное рабочее оборудование, возможно создание многих строительных и дорожных машин (рис. 3.7, 3.8).

Различают одно- и двухосные тягачи, на которых применяют дизели, и два вида трансмиссий – механическую и гидромеханическую. Наиболее распространены тягачи с гидромеханической трансмиссией.

Одноосный пневмоколесный тягач состоит из двигателя, трансмиссии и двух ведущих управляемых колес. Самостоятельно передвигаться или стоять на двух колесах без полуприцепного рабочего оборудования одноосный тягач не может. В сочетании с полуприцепным рабочим оборудованием такой тягач составляет самоходную строительную машину с передней ведущей осью (рис.3.7). Управление сцепом тягач-полуприцеп осуществляется путем поворота на 90° вправо-влево относительно полуприцепа с помощью гидроцилиндров двустороннего действия.

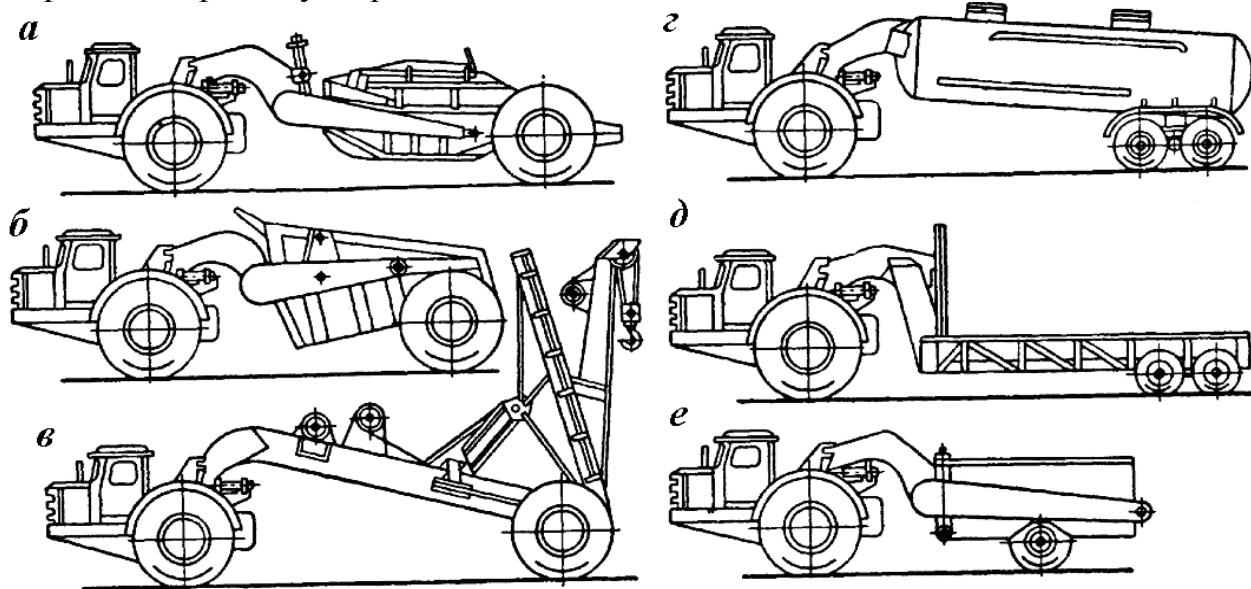


Рис. 3.7. Сменное оборудование одноосного пневмоколесного тягача:

а – скрепер; *б* – землевозная тележка; *в* – кран; *г* – цистерна для цемента или жидкостей; *д* – трейлер; *е* – каток на пневмошинах

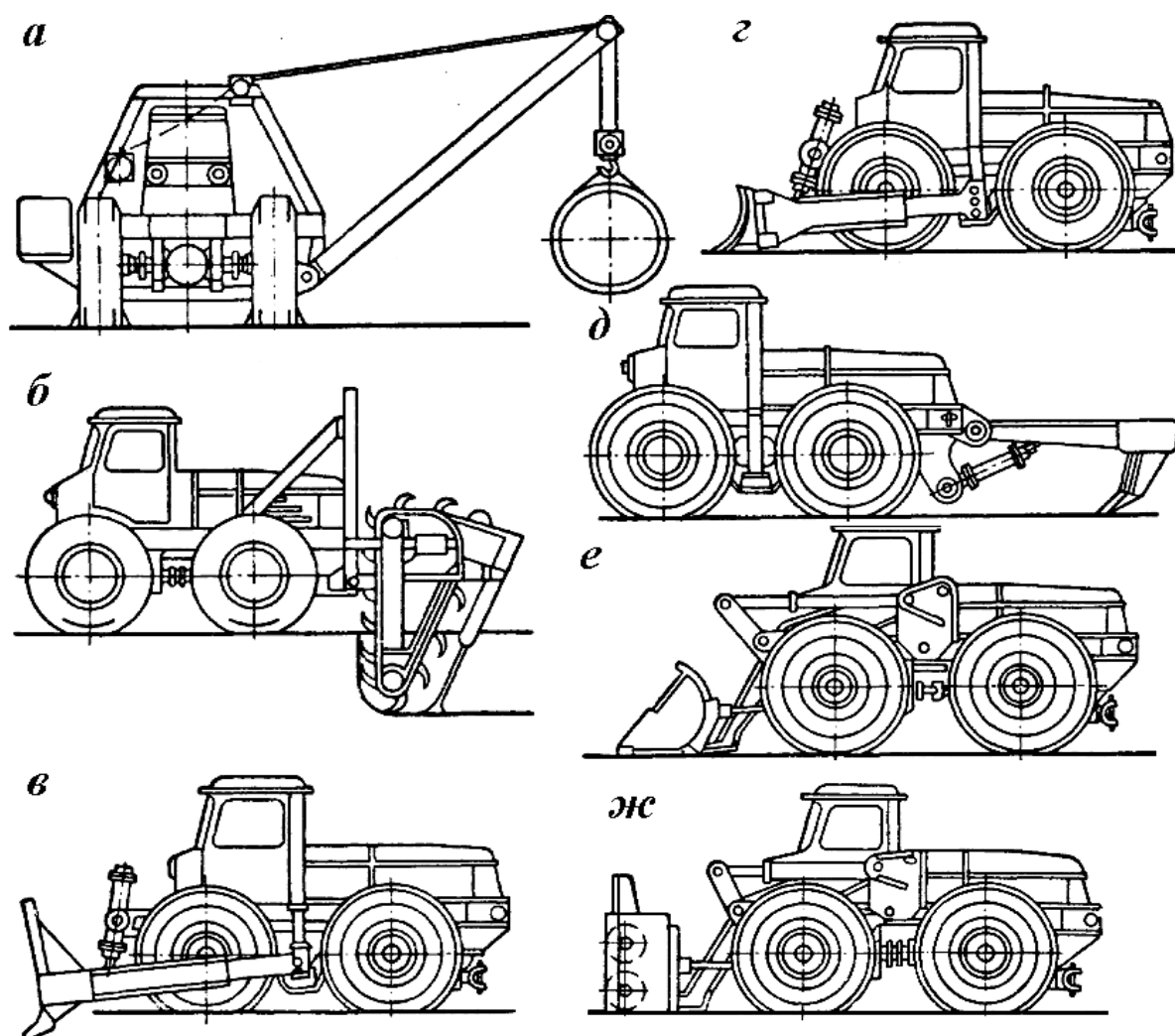


Рис. 3.8. Сменное оборудование двухосного пневмоколесного тягача:

а – кран-трубоукладчик; *б* – траншеекопатель; *в* – корчеватель; *г* – бульдозер; *д* – рыхлитель; *е* – погрузчик; *ж* – шнекороторный снегоочиститель

Двухосный тягач в отличие от одноосного имеет возможность самостоятельно перемещаться без прицепа, поэтому они широко используются со сменным навесным оборудованием (рис. 3.8); они могут работать в агрегате с двухосными прицепами при незначительных затратах времени на их смену. Двухосные четырехколесные тягачи имеют один или два ведущих моста и шарнирно сочлененную раму. Схема поворота полурам такая же, как и у пневмоколесного трактора (рис. 3.5, в). В конструкциях двухосных тягачей применяют гидро- и электромеханические трансмиссии с мотор-колесами.

Гидромеханическая трансмиссия одно- или двухосных тягачей имеет раздаточную коробку, от которой основной крутящий момент через гидротрансформатор, коробку передач и соединительные валы сообщается ведущему мосту (или двум мостам). Часть мощности, отдаваемой двигателем через раздаточную коробку и карданный вал, может передаваться к исполнительным органам управления рабочим оборудованием. Все агрегаты привода, отбора мощности и трансмиссии ходовой части тягачей унифицированы и могут быть использованы для различных модификаций машин той же или смежной мощности. Мощность дизеля тягача составляет до 880 кВт.

3.4. Специализированные транспортные средства

Такие транспортные средства приспособлены для перевозки однородных грузов одного или нескольких видов, отличающихся специфическими условиями их транспортировки, и оборудованы различными приспособлениями и устройствами, которые обеспечивают сохранность и качество доставляемых на строительные объекты грузов, комплексную механизацию погрузочно-разгрузочных работ. Применение специализированного транспорта способствует повышению эффективности и качества строительства, позволяет снизить себестоимость перевозок, свести к минимуму потери строительных материалов и полуфабрикатов, а также повреждение строительных изделий и конструкций, которые весьма значительны при использовании транспортных средств общего назначения. В настоящее время без применения специализированного транспорта практически невозможна доставка многих грузов на объекты строительства. Большинство специализированных транспортных средств представляют собой сменные прицепы и полуприцепы к грузовым автомобилям, пневмоколесным тягачам и тракторам, что позволяет более эффективно использовать базовую машину.

В условиях городского строительства широко применяется автомобильный специализированный транспорт, который выпускается в соответствии с «Типажом специализированных автотранспортных средств для строительства», утвержденным Госстроем. Он предназначен для перевозки грунта, сыпучих и глыбообразных грузов (самосвалы), жидких и полужидких (битумовозы, известковозы, бетоно- и растворовозы), порошкообразных (цементовозы), мелкоштучных и тарных грузов (контейнеровозы), длинномерных грузов (трубовозы, металловозы, лесовозы), железобетонных конструкций (панелевозы, фермовозы, плитовозы, балковозы, блоковозы, сантехкабиновозы), технологического оборудования и строительных машин (тяжеловозы).

Основными направлениями развития специализированных транспортных средств являются: расширение их серийного производства и номенклатуры с одновременным снижением количества типоразмеров, создание транспортных средств многоцелевого назначения, совершенствование механизмов крепления грузов, опорных, зажимных и погрузочно-разгрузочных устройств, повышение единичной грузоподъемности и широкая унификация машин.

Автомобили-самосвалы имеют цельнометаллические кузова без откидного заднего борта с корытообразной, трапециевидной и прямоугольной формой поперечного сечения. Некоторые типы кузовов имеют козырьки, защищающий кабину от повреждения. Кузова принудительно наклоняются при разгрузке с помощью подъемного (опрокидного) механизма назад, на боковые (одну или две) стороны, на стороны и назад. По назначению различают специальные карьерные и универсальные общестроительные самосвалы.

В условиях городского строительства применяют универсальные самосвалы (рис. 3.9, 3.10, б) грузоподъемностью 4...12 т, для перевозки грунта, гравия, щебня, песка, асфальта и т. п. Современные универсальные самосвалы

выпускают на шасси грузовых бортовых автомобилей общего назначения (иногда с укороченной базой) и оборудуют однотипными гидравлическими системами, обеспечивающими быстрый подъем и опускание кузова, высокую надежность и безопасность работы.

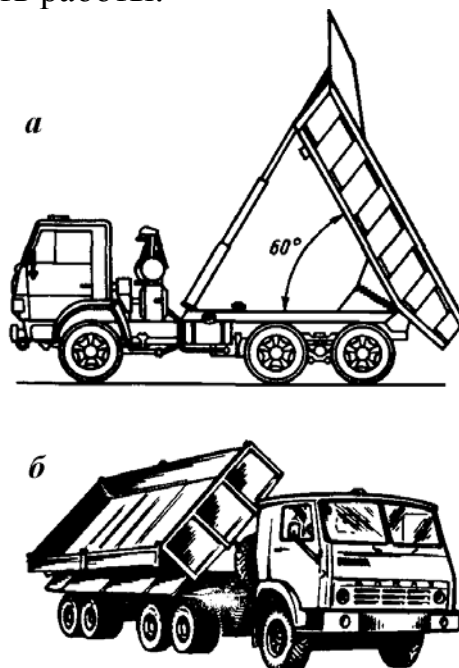


Рис. 3.9. Автомобили-самосвалы

Основными узлами таких систем является масляный бак, гидравлический насос с приводом от коробки отбора мощности автомобиля, один или несколько (в зависимости от грузоподъемности) телескопических гидроцилиндров одностороннего действия, непосредственно воздействующих на кузов, распределитель или кран управления, соединительные трубопроводы и предохранительные устройства. Гидроцилиндры подъемных механизмов могут иметь горизонтальное, наклонное и вертикальное расположение и устанавливаются на раме автомобиля под передней частью кузова или на переднем его борту (рис. 3.9, *a*). Разделитель или кран управления направляет поток рабочей жидкости от насоса к гидроцилиндру (или синхронно работающим гидроцилиндрам) при опрокидывании кузова, соединяет полости гидроцилиндров со сливным баком при опускании кузова, ограничивает давление в системе и обеспечивает фиксацию кузова в определенных положениях (крайних или промежуточных).

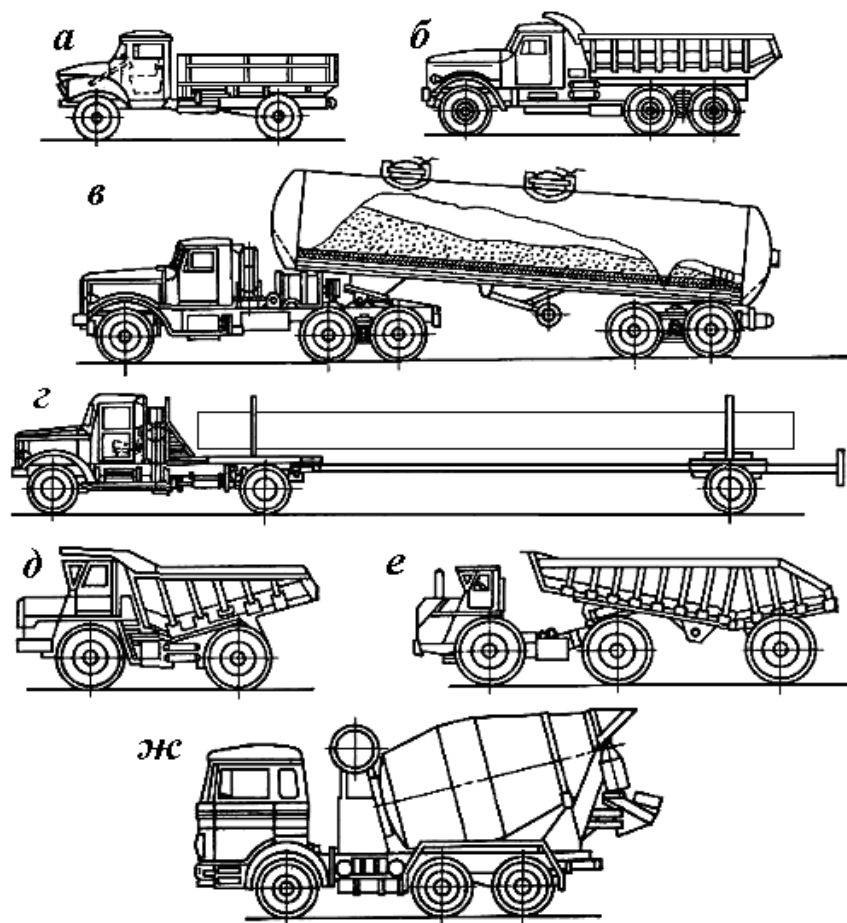


Рис. 3.10. Автомобили общего и специального назначения:

а – бортовой, общего назначения; *б* – самосвал; *в* – полуприцеп-цементовоз; *г* – с прицепом-ропуском для перевозки длинномерных грузов; *д, е* – самосвалы повышенной грузоподъемности; *ж* – автобетоносмеситель

Распространены в строительстве *самосвальные автопоезда* в составе автомобиля-самосвала и прицепа-самосвала или седельного тягача и полуприцепа-самосвала (рис. 3.9, *б*, 3.10, *е*). Автомобиль-самосвал разгружается на стороны, а прицеп-самосвал – на стороны и назад. Прицепы-самосвалы могут иметь разъемные (сдвоенные) кузова, передний из которых разгружается на две (боковые), а задний – на три (боковые и назад) стороны. Современные автомобили-самосвалы и самосвальные прицепы имеют унифицированные кузова, ходовую часть, подъемные механизмы и оборудуются системой автоматического открывания и закрывания бортов с управлением из кабины водителя.

Для перевозки керамзита и других сыпучих материалов с небольшой плотностью применяют специализированные прицепы и полуприцепы с увеличенной вместимостью кузова – *керамзитовозы* грузоподъемностью до 12 т. Для перевозки грунта, камня, песка, гравия, щебня и других грузов на расстояние до 5 км применяют самосвальные мототележки (думперы) емкостью 0,4...6 м³. Достоинством их является большая маневренность и проходимость.

Смонтированное на базе автомобиля оборудование превращает его в специализированное транспортное средство (рис. 3.10, *в, г, ж*), которое выполняет также технологические операции. Например, автогудронатор не только доставляет битум, но и распределяет его на поверхности дорожного

покрытия, цементовоз имеет пневмосистему для разгрузки цемента, автобетоносмеситель, загруженный бетонной смесью в пути перемешивает ее, не давая схватываться.

При перевозках на строительные объекты мелкоштучных и тарных грузов (санитарно-технической и вентиляционной аппаратуры, отделочных, изоляционных и кровельных материалов и т.п.) все шире используют контейнеризацию и пакетирование. Для доставки пакетов и контейнеров применяют бортовые автомобили, прицепы и полуприцепы общего назначения, а также специализированные транспортные средства – автомобили-самопогрузчики и контейнеровозы.

Автомобили-самопогрузчики наряду с транспортировкой осуществляют погрузку и разгрузку перевозимых грузов с помощью гидравлических погрузочно-разгрузочных устройств, установленных на самом автомобиле. Автомобили-самопогрузчики оборудуют бортовыми манипуляторами, качающимися порталами, грузоподъемными бортами и навесными грузоподъемными устройствами.

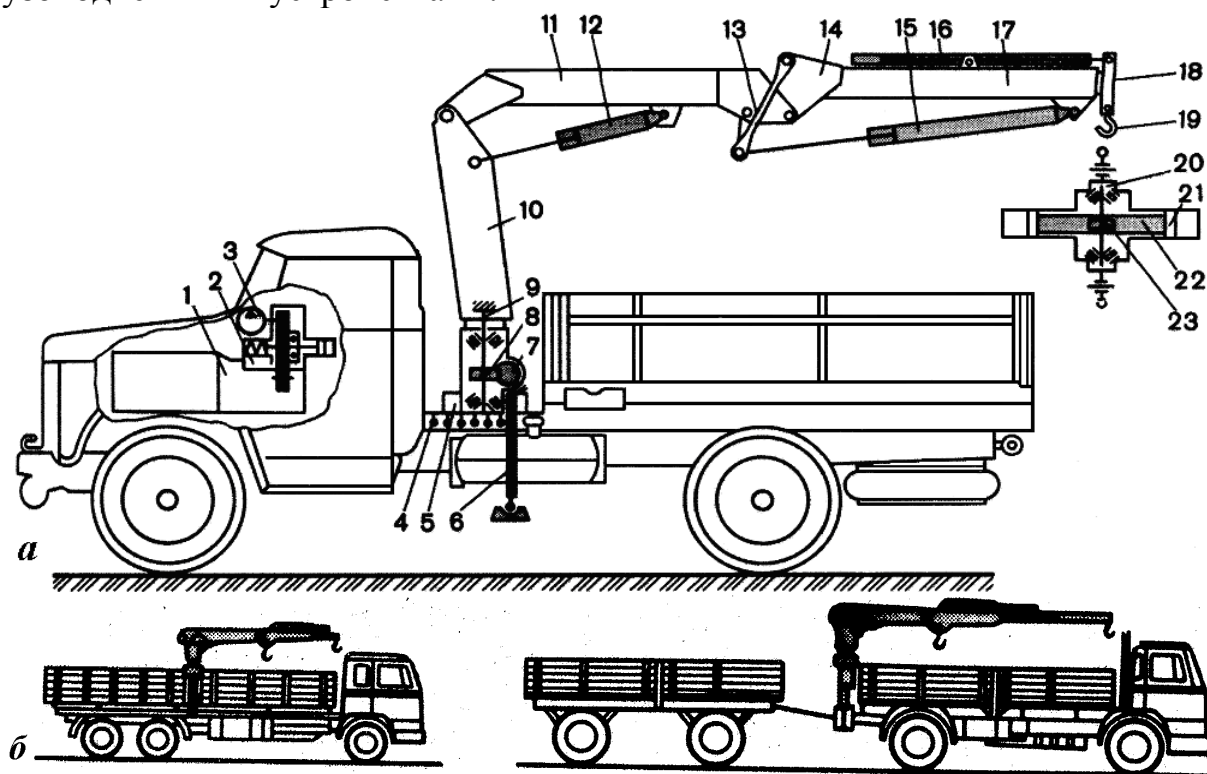


Рис. 3.11. Автомобили-самопогрузчики с бортовыми манипуляторами:

а – конструктивная схема; *б* – размещение бортовых манипуляторов на автомобилях

Автомобили-самопогрузчики с бортовыми гидравлическими манипуляторами осуществляют самопогрузку и саморазгрузку базового автомобиля и прицепа, погрузку-разгрузку других расположенных рядом транспортных средств, а также могут быть использованы на строительно-монтажных работах небольшого объема. Манипулятор грузоподъемностью 2,5 т (рис. 3.11, *а*) состоит из поворотной колонки, шарнирно сочлененного стрелового оборудования, двух выносных гидравлических опор 6, механизма поворота стрелы в плане, двух пультов управления 4 и комплекта сменного рабочего оборудования. Стреловое оборудование смонтировано на поворотной

колонке 10, установленной на опорной раме 5 шасси. Оно состоит из рукояти 11, рычага 13, телескопической стрелы 14 с основной 17 и выдвижной 18 секциями, гидроцилиндров 12, 15 и 16 управления, крюковой подвески 19 или ротатора 20. Ротатор обеспечивает манипулирование грузом в горизонтальной плоскости через реечную передачу и гидроцилиндр 21 двустороннего действия, штоком которого являясь рейка 22 ротатора, входящая в зацепление с шестерней 23.

В комплект сменного рабочего оборудования манипулятора входят удлинитель стрелы, выдвигаемый вручную, вилочный подхват, клещевой захват для пакетированных грузов и захват для контейнеров. Поворот стрелового оборудования в плане на угол 400° обеспечивается реечным поворотным механизмом, включающим два попеременно работающих гидроцилиндра, рейку 7 и шестерню 8, жестко закрепленную на валу 9 поворотной колонки. Привод аксиально-поршневого насоса 3 гидросистемы манипулятора осуществляется от двигателя 7 автомобиля через коробку отбора мощности 2. Управление манипулятором может осуществляться с любого из двух пультов управления 4, расположенных по обеим сторонам автомобиля.

Конструкции отечественных бортовых манипуляторов выполнены по единой принципиальной схеме и различаются между собой грузовой моментом, грузоподъемностью, высотой подъема и опускания крюка, массой, габаритными размерами. Манипуляторы могут размещаться перед кузовом, за ним или около одного из бортов около середины кузова по длине (рис. 3.11, а, б).

Автомобили-самопогрузчики с качающимся порталом бокового или заднего расположения (рис. 3.12, а) предназначены для перевозки, погрузки и разгрузки контейнеров массой до 5 т. Рабочий орган – качающийся портал 1 шарнирно соединен с платформой для установки контейнеров и может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол до 120° двумя синхронно действующими длинноходовыми гидроцилиндрами 2 двустороннего действия. Качающиеся порталы используют также для погрузки-разгрузки сменных кузовов-контейнеров. Для перевозки, погрузки и разгрузки контейнеров массой 20 т и более применяют полуприцепы, оборудованные боковыми гидравлическими перегружателями (рис. 3.12, б). Автомобили-самопогрузчики и *контейнеровозы* оборудуют выдвижными и откидными гидравлическими опорами 3, действующими при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и обеспечивающими устойчивость машины и разгрузку ее ходовой части.

Для перевозки жидких вязущих материалов (битум, гудрон, эмульсии) в разогретом состоянии от предприятий-изготовителей к местам производства дорожных, кровельных и изоляционных работ применяют *битумовозы и автогудронаторы*. Они представляют собой цистерны эллиптической формы, смонтированные на шасси автомобилей или на полуприцепах к седельным тягачам, и оснащаются системами подогрева (для поддержания температуры перевозимого материала не ниже 200°C) и выдачи мастики. Вместимость цистерн гудронаторов 3500...7000 л, битумовозов – 4000...15000 л.

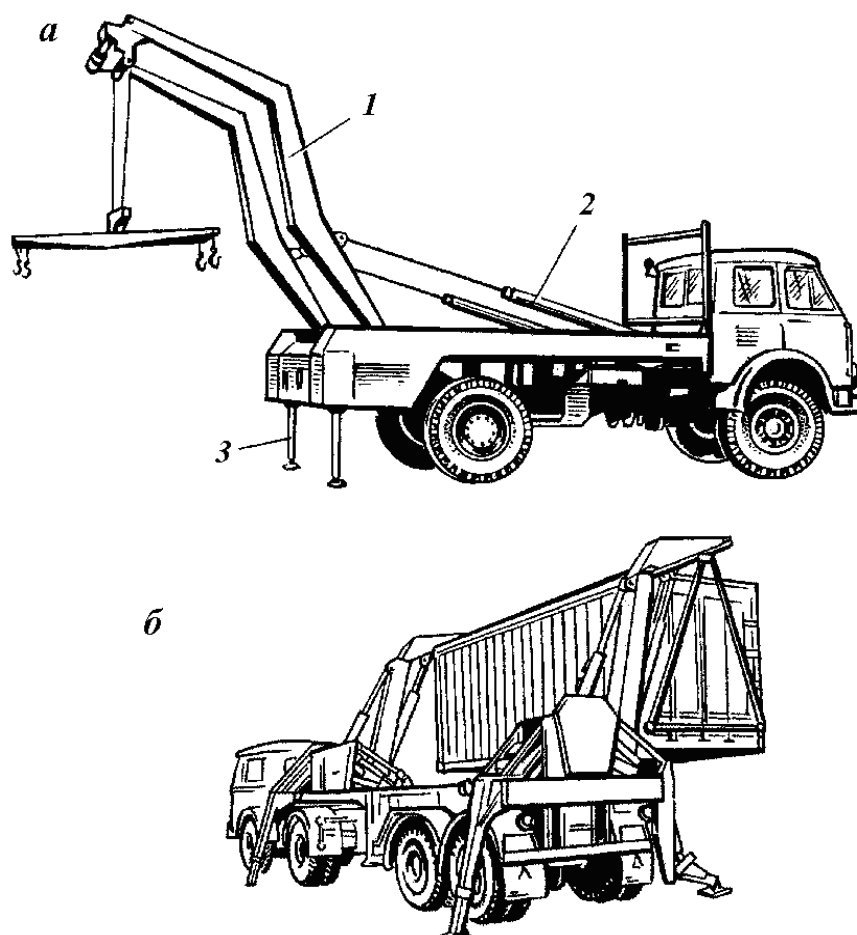


Рис. 3.12. Автомобили-самопогрузчики контейнеровозы

Для перевозки труб длиной 6...12 м диаметром до 1420 мм и сварных секций из труб (плетей) длиной 24...36 м применяют специальные автопоезда – **трубовозы** и **плетевозы** (рис. 3.10, з). В состав трубовоза входят автотягач, одноосный прицеп-ропуск с жестким дышлом или полуприцеп. Тяговое усилие на груженный прицеп-ропуск передается у трубовозов через тягово-сцепное устройство и дышло, у плетевозов – непосредственно трубами (плетями), закрепленными на тягаче и двухосном прицепе-ропуске. Количество одновременно перевозимых труб устанавливается, исходя из грузоподъемности автопоезда. При многорядной укладке трубы увязывают предохранительным канатом. Для перевозки изолированных труб в городских условиях обычно применяют специализированные полуприцепы-трубовозы с гидравлическими разгрузочными механизмами, обеспечивающими сохранность изолирующего слоя и подготовленных для сварки торцов труб при транспортировке, погрузке и разгрузке.

На рис. 3.13, а показан седельный тягач 1 с полуприцепом-трубовозом 5 грузоподъемностью 7 т, оборудованным двумя (передним и задним) гидравлическими разгрузочными механизмами 2. Рама полуприцепа выполнена раздвижной и на передней и задней ее частях имеются деревянные опорные плоскости и боковые стойки. Полуприцеп оборудован передним и задним металлическими предохранительными щитами 3, предотвращающими осевое перемещение труб 4 при перевозке. Разгрузочный механизм состоит из телескопической стрелы 9 (рис. 3.13, б, в), раздвигаемой встроенным

гидроцилиндром, и двух телескопических гидроцилиндров 7 для поворота стрелы с грузовым захватом 8 для труб в вертикальной плоскости. На рис. 3.13, б, в показаны положения стрелы соответственно перед разгрузкой и в конце разгрузки. Устойчивость автопоезда обеспечивается откидными опорами 6. Пульт управления разгрузочными механизмами расположен в передней части полуприцепа. Трубовозы и плетевозы оборудуют габаритными сигналами. Грузоподъемность автомобильных трубовозов 9...12 т, плетевозов – 6...19 т.

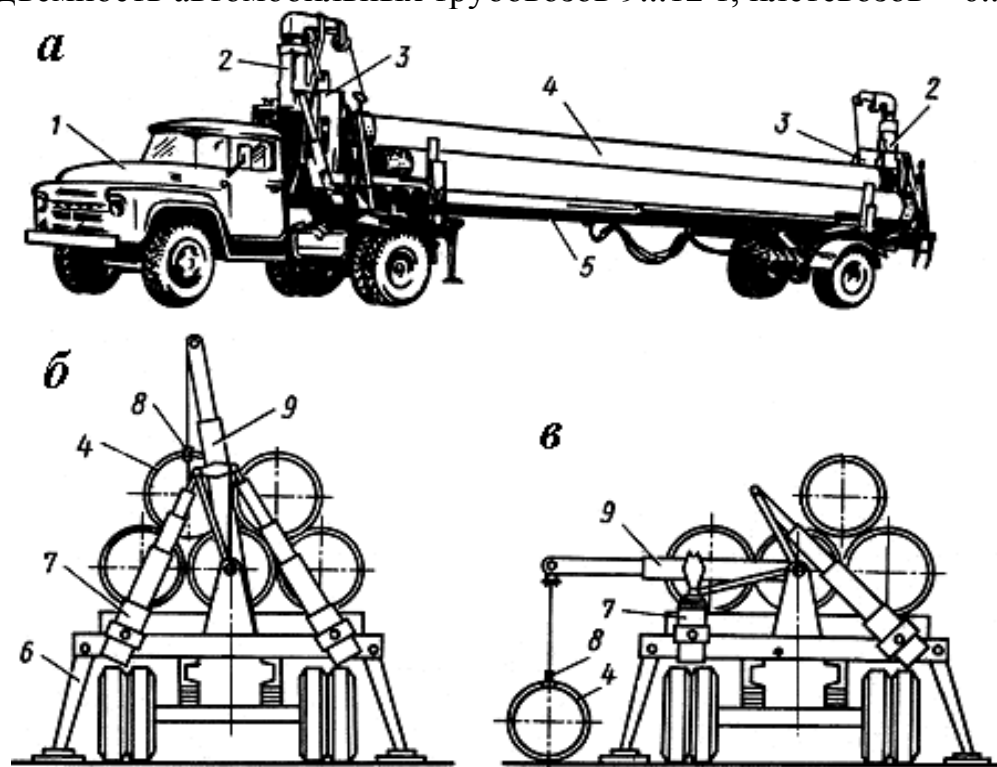


Рис. 3.13. Автопоезд для перевозки труб

Для перевозки крупноразмерных железобетонных конструкций и деталей с заводов-изготовителей на строительные площадки применяют специализированные прицепы и полуприцепы: панелевозы, фермовозы, балковозы, плитовозы, блоковозы и сантехкабиновозы. Выбор типа транспортного средства определяется габаритами, массой и условиями перевозки изделий.

Панелевозы (рис. 3.14, а) выполнены в виде полуприцепов к седельным автотягачам и предназначены для перевозки в вертикальном или крутонаклонном положении стеновых панелей, перекрытий, перегородок, плит, лестничных маршей и т. п. Различают ферменные и рамные полуприцепы-панелевозы. Несущий металлический каркас ферменных панелевозов выполняют в виде пространственной фермы («хребта») трапецевидного (рис. 3.14, б) или прямоугольного сечения или в виде двух плоских продольных ферм, соединенных между собой передней и задней опорными площадками и горизонтальными связями (рис, 3.14, в). Хребтовая ферма располагается по продольной оси симметрии полуприцепа, а перевозимые панели – в кассетах по обеим сторонам от нее под углом 8...12° к вертикали. Передняя и задняя площадки фермы имеют поручни для такелажников. У панелевозов с плоскими несущими фермами панели располагаются в несколько рядов вертикально в

кассете между фермами. Некоторые конструкции панелевозов имеют также дополнительные боковые наклонные кассеты для перевозки укороченных панелей в один ряд (рис. 3.14, *з*), что позволяет лучше использовать грузоподъемность автопоезда. Для крепления панелей используют винтовые зажимы, прижимные планки и канаты, затягиваемые с помощью ручной лебедки.

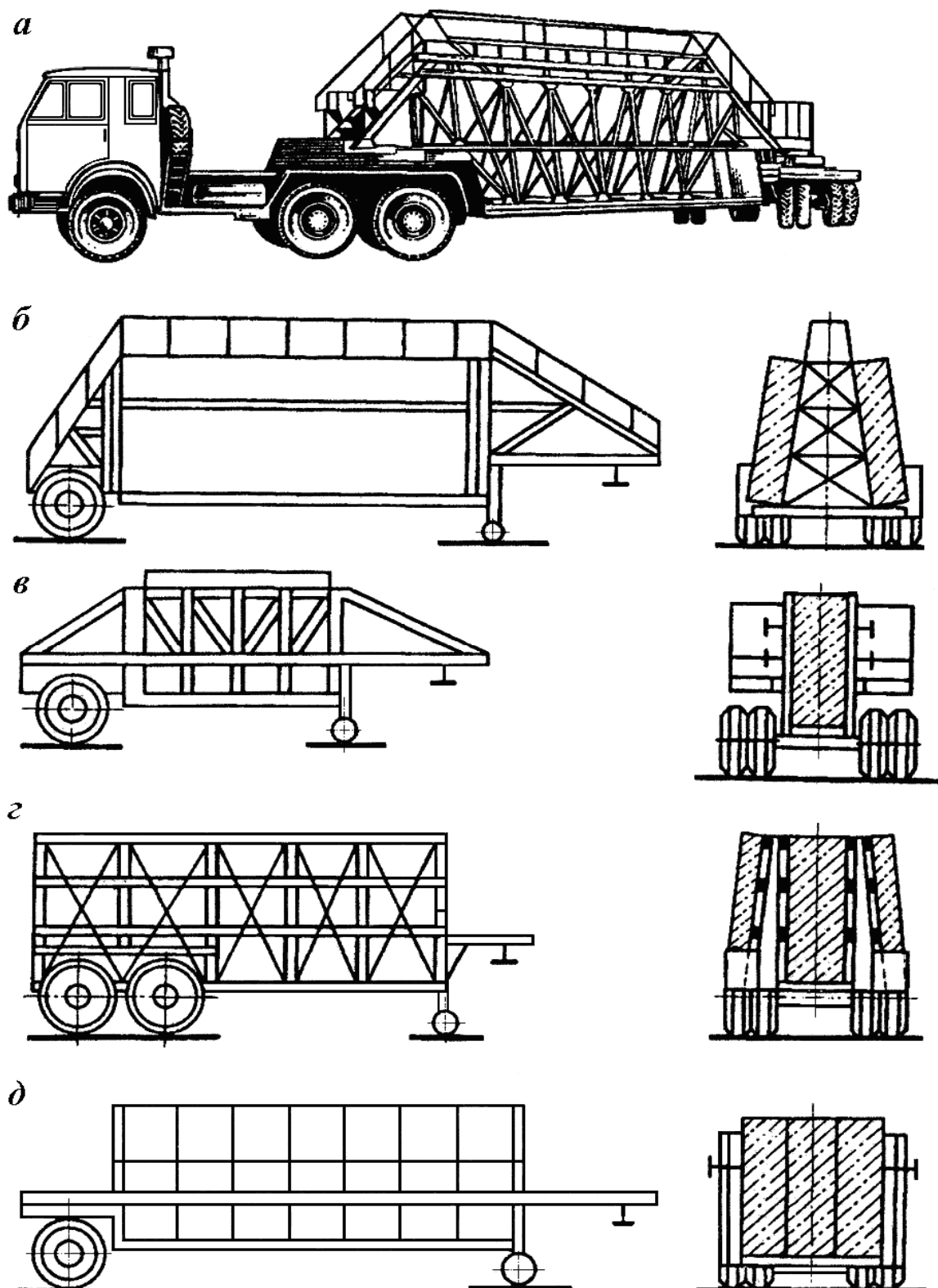


Рис. 3.14. Панелевозы

Рамные прицепы-панелевозы (рис. 3.14, д) имеют раму, несущую кассету и воспринимающую основную нагрузку. Панели устанавливаются внутри кассеты на деревянный настил и удерживаются от бокового перемещения зажимными винтами. Передняя часть полуприцепов-панелевозов опирается на седельно-сцепное устройство тягача, а задняя – на одноосную или двухосную тележку с управляемыми или неуправляемыми колесами. В стесненных условиях городской застройки обычно применяют панелевозы с управляемыми задними тележками, улучшающими маневренность автопоезда. Современные полуприцепы-панелевозы оборудуются отдельно управляемыми гидравлическими опорами с гидроцилиндрами двустороннего действия, работающими от гидросистемы автомобиля. Они имеют автоматическую сцепку с тягачом, что позволяет вести монтаж непосредственно с панелевозов (монтаж с «колес»), более эффективно использовать базовый автомобиль, который может обслуживать несколько сменных полуприцепов (челночный метод работы) и осуществлять погрузку-разгрузку панелевоза на неровных площадках. Грузоподъемность полуприцепов-панелевозов 9...22 т.

Фермовозы и рамные панелевозы можно переоборудовать в полуприцепы платформенного типа и использовать для перевозки плит, балок, фундаментных блоков и других грузов. Это повышает их универсальность и коэффициент использования пробега за счет возможности загрузки машины при движении в обратном направлении.

Длиннобазовые полуприцепы-фермовозы предназначены для перевозки ферм длиной 12...30 м, установленных и закрепленных в положении, близком к рабочему. Полуприцепы-фермовозы имеют ферменную или балочную конструкцию с кассетной платформой и двухосной со сдвоенными колесами управляемой и неуправляемой тележками. В условиях стесненных строительных площадок применяют полуприцепы-фермовозы с гидравлическим управлением тележки, у которой каждое колесо поворачивается на соответствующий угол в зависимости от угла «складывания» автопоезда.

На рис. 3.15, а показан *автопоезд-фермовоз* для перевозки ферм любой конструкции длиной до 24 м и высотой до 2,5 м. Рама 2 полуприцепа кассетного типа ферменной конструкции передней частью опирается на седельно-сцепное устройство тягача, а задней – на седельно-опорное устройство двухосной задней управляемой тележки 4. Колеса тележки управляются автоматически с помощью следящей системы с гидравлическим приводом. Переднюю передвигную опору 5 полуприцепа устанавливают вдоль рамы в зависимости от длины перевозимых ферм и передвигают с помощью ручной лебедки 7. Ферма 3 опирается на грузовые площадки рамы и закрепляется в верхнем ее поясе прижимными винтами. Грузоподъемность полуприцепов-фермовозов 10...22 т.

Полуприцепы-сантехкабиновозы и блоковозы предназначены для перевозки объемных элементов жилых и промышленных зданий (унифицированных санитарно-технических кабин, блок-комнат, лестничных маршей), технологического оборудования (секций лифтов, трансформаторов,

котлов, бункеров, баков и др.) и контейнеров. По конструкции они имеют много общего с панелевозами рамного типа и отличаются низким расположением грузовой площадки и отсутствием специальных средств крепления.

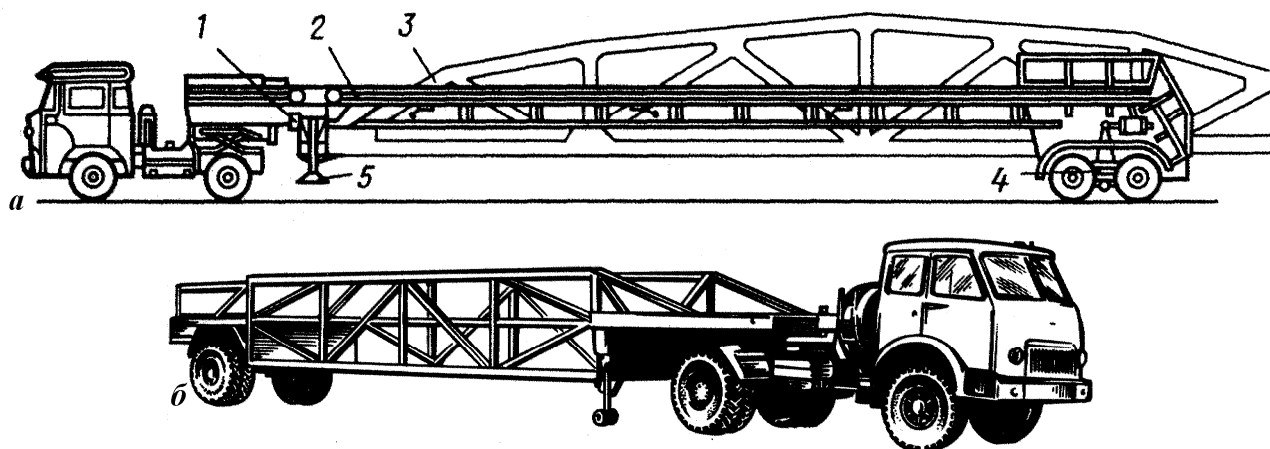


Рис. 3.15. Специализированный автотранспорт:

а – автопоезд-фермовоз; *б* – сантехкабиновоз

Полуприцеп-сантехкабиновоз (рис. 3.15, *б*) представляет собой сварной из гнутых и прокатных профилей каркас кассетного типа, передняя часть которого опирается на седельно-цепное устройство автомобиля-тягача, а задняя – на одно- или двухосную тележку с управляемыми или управляемыми гидравлическими опорными устройствами. Грузоподъемность 4...30 т.

Полуприцепы-плитовозы применяют для перевозки плит перекрытий и покрытий в горизонтальном положении, а также балок, колонн, ригелей, пиломатериалов и др. Несущей частью грузовой площадки плитовоза является хребтовая рама с консолями для настила и выдвижными боковыми стойками. Полуприцепы имеют одноосную или двухосную заднюю тележку. Некоторые конструкции плитовозов выполняют с раздвижной телескопической рамой. Грузоподъемность плитовозов до 22 т.

Для перевозки тяжеловесного крупногабаритного оборудования и строительных машин применяют трех-, четырех- и шестиосные многоколесные прицепы и **полуприцепы-тяжеловозы** грузоподъемностью 20...120 т с низко расположенной платформой. Прицепы транспортируют балластными автомобильными тягачами, а полуприцепы – седельными. Прицепы и полуприцепы большой грузоподъемности оборудуют гидравлическими подъемными механизмами для опускания платформы при погрузке и подъеме ее при транспортировке грузов. Для погрузки и выгрузки грузов на тягаче устанавливают лебедку с приводом от коробки отбора мощности автомобиля.

Специализированные железнодорожные транспортные средства для перевозки строительных материалов могут быть снабжены специальным оборудованием, так вагоны для перевозки цемента имеют пневмосистемы для его разгрузки. Для выгрузки щебня с платформ предусмотрены разгрузчики различных конструкций в зависимости от условий транспортировки. Имеются и

специализированные водные транспортные средства. Так, например, баржи некоторых видов, доставляющие песок или щебень выполняются раскрывающимися или переворачивающимися для разгрузки материала на дно водоема.

Глава 4.

Грузоподъемные машины

4.1. Грузозахватные устройства

Наиболее распространенными грузозахватными устройствами являются **крюки**. Размеры и форма крюков стандартизированы. Крюки по форме делятся на однорогие (ГОСТ 6627–74) и двурогие (ГОСТ 6628–73). Крюки изготавливаются ковкой или штамповкой из низкоуглеродистой стали. Крюки большой грузоподъемности изготавливаются пластинчатыми (ГОСТ 6619–75). Чаще крюки подвешиваются к канату с помощью крюковой обоймы (рис. 4.1). На монтажных работах крюки снабжаются замками, предохраняющими стропы от соскакивания и обеспечивающими безопасность работы (рис. 4.1, в).

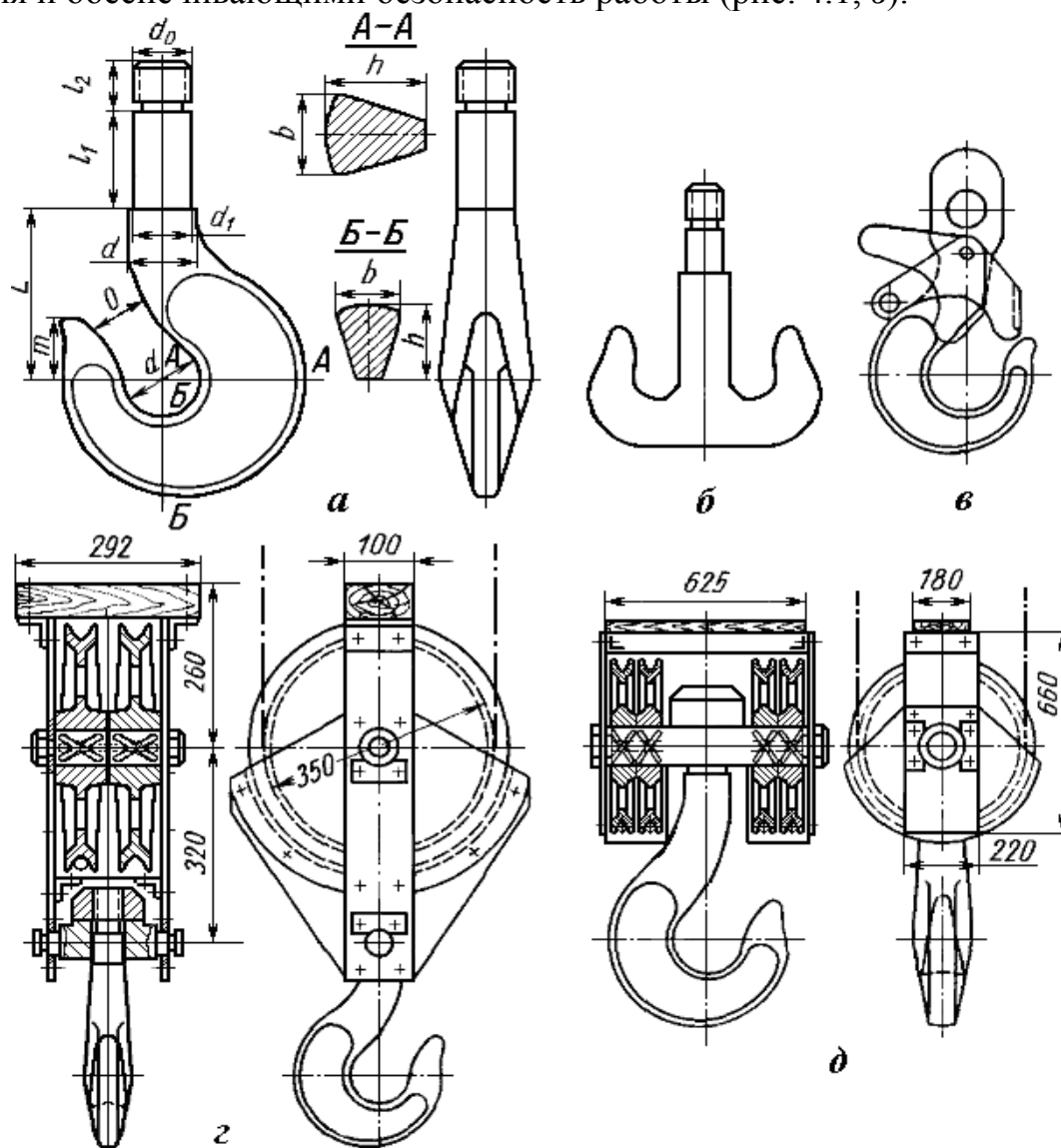


Рис. 4.1. Крюки и крюковые обоймы:

a – однорогий крюк; *б* – двурогий крюк; *в* – крюк с защелкой; *г* – двухблочная обойма; *д* – четырехблочная обойма

Крюки и петли, как правило, должны иметь клеймо завода-изготовителя и паспорт, в котором содержится техническая характеристика крюка или петли.

Грейферы являются разновидностью автоматических захватных устройств, позволяющих производить погрузку и разгрузку сыпучих, крупнокусковых и штучных грузов без участия стропальщиков. Конструктивно грейферы делятся на одноканатные, двухканатные и моторные. Наибольшее распространение получили двухчелюстные грейферы с двухканатным приводом. Для крупнокускового материала применяются многочелюстные грейферы.

В одноканатных грейферах оба рабочих движения (подъем или спуск и закрывание или открывание) осуществляются одним тяговым органом – канатом. Двухканатный грейфер является более совершенным грузозахватным приспособлением. Схема двухчелюстного грейфера, работающего с двухбарабанным механизмом подъема, показана на рис. 4.2. Каждый из барабанов может работать независимо или оба работают совместно. В соответствии с этим подъемный канат 6 и замыкающий канат 8 будут работать порознь или совместно, выполняя определенные операции. В положении *I* при ослаблении каната 8 грейфер повисает на канате 6; под действием веса нижней головки 2 и челюстей 1 грейфер раскрывается полностью, и материал из него высыпается. Затем крановщик включает оба барабана и опускает грейфер в раскрытом состоянии на материал. При включении на подъем барабана 5 канат 8 натягивается, челюсти закрываются и одновременно с этим под действием своего веса внедряются в материал (положение *II*).

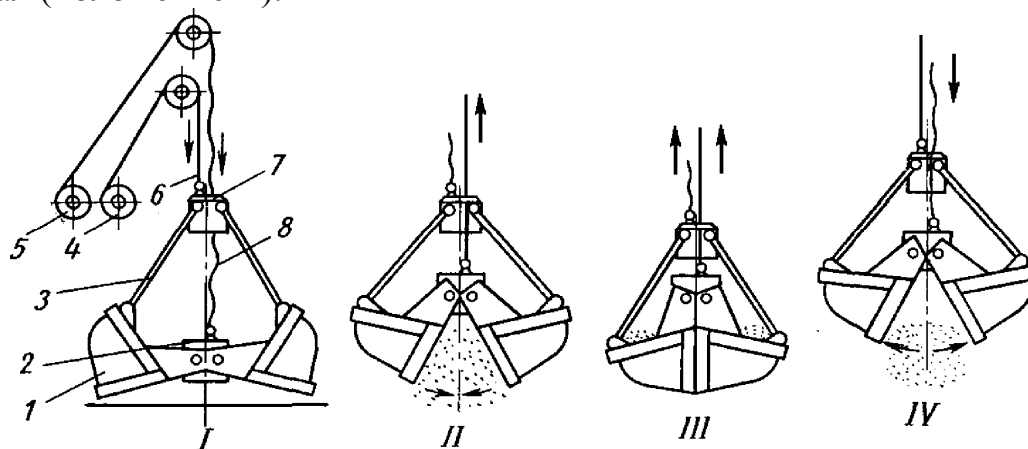


Рис. 4.2. Схема работы двухканатного грейфера:

I – конец разгрузки и начало зачерпывания; *II* – зачерпывание; *III* – замыкание; *IV* – начало разгрузки; 1 – челюсть; 2 – нижняя головка; 3 – тяга; 4 – барабан подъемного каната; 5 – барабан замыкающего каната; 6 – подъемный канат; 7 – верхняя головка; 8 – замыкающий

Когда под действием каната 8 челюсти замкнутся (положение *III*), включается на подъем канат 6 и грейфер с материалом поднимается при одновременной работе барабанов 4 и 5 подъемного механизма; наполненный грейфер переносится краном к месту разгрузки. Канат 8 ослабляется (положение *IV*), и материал высыпается из грейфера. Двухчелюстные грейферы изготавливаются емкостью 0,4...10 м³.

Моторные грейферы, челюсти которых замыкаются и раскрываются механизмом, установленным вместе с электродвигателем на самом грейфере, могут использоваться с кранами, имеющими обычные крюки. Питание электро-

двигателя, установленного на грейфере, осуществляется с помощью гибкого кабеля.

Стропы, захваты и траверсы служат для соединения крюка с поднимаемым грузом, например строительными конструкциями.

Стропы изготавливаются из стального каната. По конструкции стропы подразделяются на универсальные, облегченные и многоветвевые (рис. 4.3). Многоветвевые стропы применяются при групповых подъемах, например при подъеме нескольких прогонов или ригелей. Недостатком всех этих стропов является большая трудоемкость при строповке и расстроповке и, самое главное, необходимость для такелажника подниматься к узлу крепления стропа для его расстроповки. Использование полуавтоматических и автоматических захватов позволяет быстро и надежно производить захват и освобождение грузов без участия такелажников.

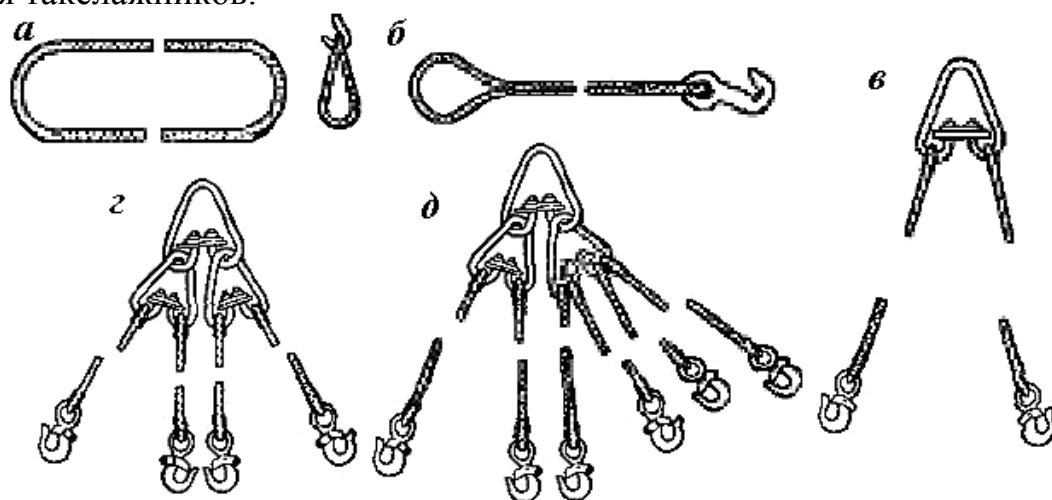


Рис. 4.3. Стропы:

а – универсальный; *б* – облегченный; *в* – двухветвевой; *г* – четырехветвевой;
д – шестиветвевой

Автоматический захват (рис. 4.4, *а*) предназначен для подъема плит и панелей. Траверса представляет собой балку из швеллеров. На траверсе закреплена серьга, при помощи которой захват навешивается на крюк крана. Механизм фиксации состоит из ползуна с внутренним упором и стойки с поворотной звездочкой. Автоматический захват работает следующим образом (рис. 4.4, *б*). При положении *I* звездочка *11* своим зубом заклинивает ползун *13* относительно стойки *14*, при этом траверса и рама сцеплены между собой, а жесткие туги удерживают несущие крюки в раскрытом состоянии. При посадке захвата на груз рама упирается в него и останавливается, а траверса с ползуном под действием собственного веса продолжает еще двигаться вниз; при этом упор *12* поворачивает звездочку из наклонного положения в горизонтальное (положение *II*). При подъеме траверса с ползуном движутся вверх. Нижняя кромка ползуна, воздействуя на звездочку, поворачивает ее в вертикальное положение (положение *III*), при котором она не препятствует дальнейшему движению траверсы относительно рамы. При подъеме траверсы шарнирно соединенные с ней крюки поворачиваются вокруг своих осей и зажимают груз. После этого происходит подъем груза. После установки груза траверсу опускают; при этом ползун поворачивает звездочку в положение *IV*. В этом положении звездочка препят-

ствует дальнейшему опусканию ползуна, а вес траверсы передается через тяги на крюки, которые, раскрываясь, освобождают груз.

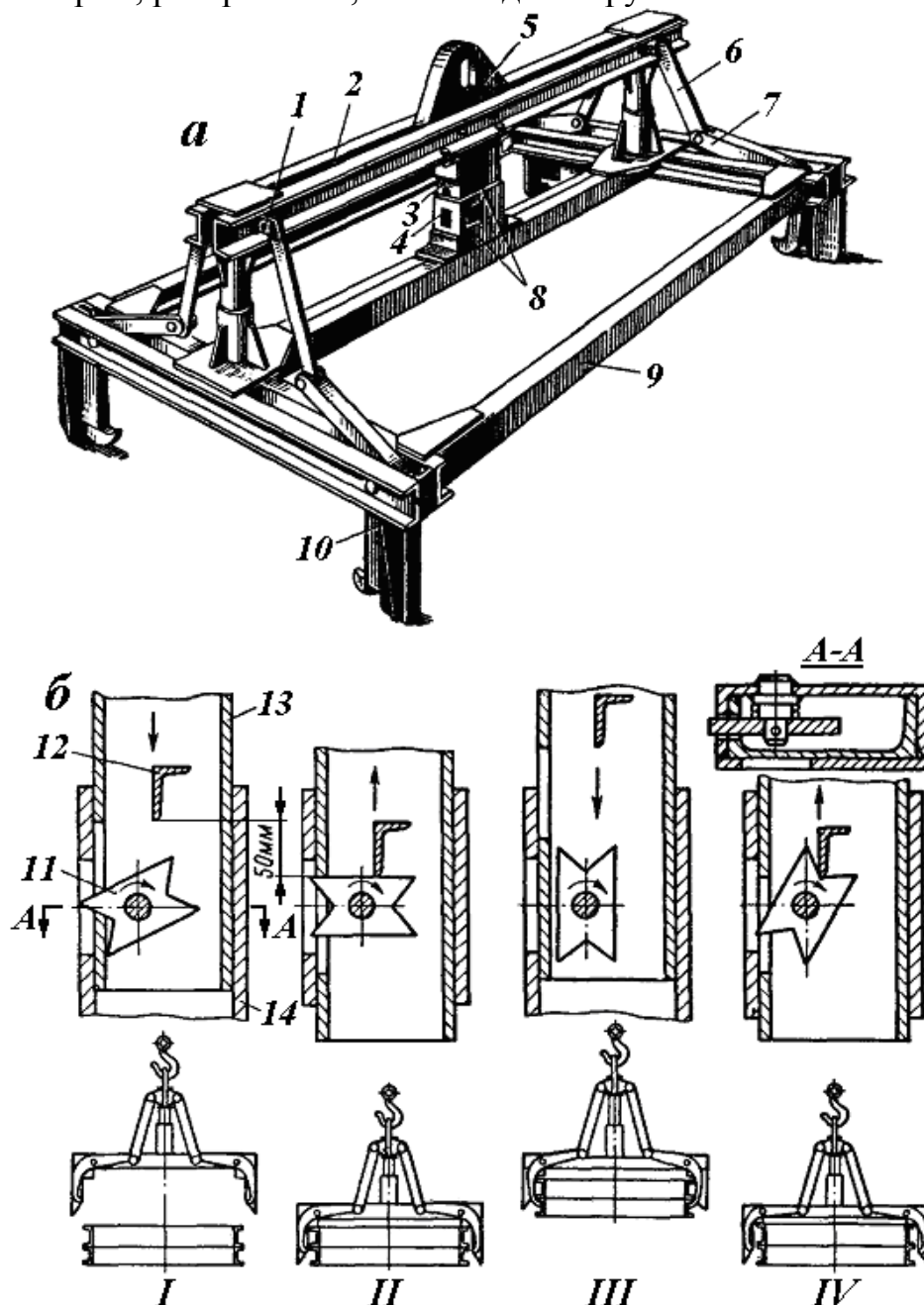


Рис. 4.4. Автоматический захват:

A – общий вид б – работа механизма захвата; 1 – ось; 2 – траверса; 3 – ползун; 4 – стойка; 5 – серьга; 6 – тяга; 7 – крюк; 8 – механизм фиксации; 9 – рама; 10 – направляющая; 11 – звездочка; 12 – упор; 13 – ползун; 14 – стойка

Для подъема трубчатых конструкций и других грузов цилиндрической формы применяется автоматический захват (рис. 4.5), состоящий из двух лап 3, которые с помощью шарниров 4 смонтированы на щеках 2, образующих обойму. Внутри обоймы перемещается ползун 5, имеющий по бокам клиновидные вырезы. В верхней части ползуна сделано отверстие 6 для подвешивания к крюку крана. В нижней части ползуна имеется выступ, за который заходит фиксирующая защелка 7. Если захват без груза, то нижние концы лап зафиксированы в разомкнутом состоянии (положение I). Когда захват опускается на груз (положение II), планка 1 обоймы упирается в поверхность трубы и защелка

выходит из зацепления с зубом ползуна. При подъеме ползун свободно перемещается в обойме вверх и раздвигает до предела верхние концы лап; при этом нижние концы лап сблизятся и захватят груз (положение *III*). Когда груз опускают, ползун займет крайнее нижнее положение и лапы повернутся вокруг своих осей и освободят груз. В это время зуб ползуна войдет в зацепление с защелкой (положение *IV*), лапы останутся раскрытыми и при подъеме захват поднимается без груза.

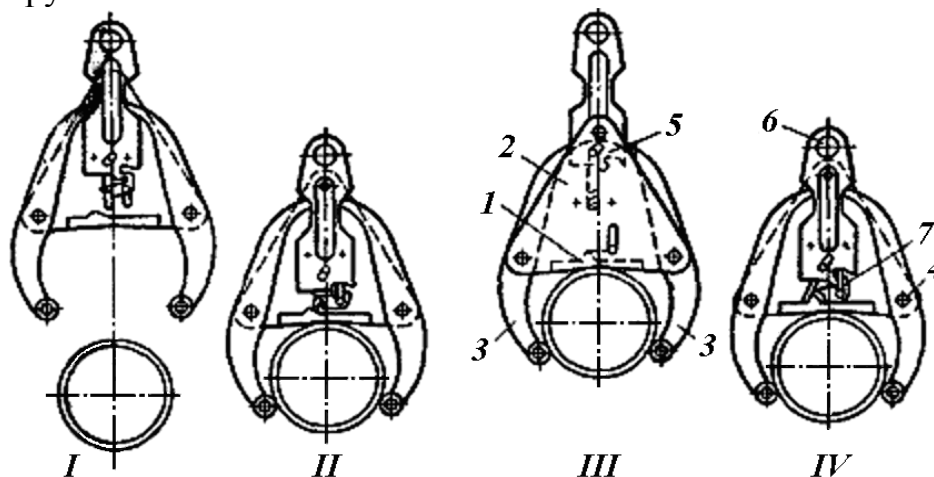


Рис. 4.5. Автоматический захват для труб

Траверсы применяют при подъеме длинномерных конструкций (колонны, фермы и т.п.), не рассчитанных на восприятие изгибающего момента от собственного веса, возникающего при использовании гибких строп.

Балка траверсы обычно выполняется сварной из трубы или профильного металла; при больших пролетах балка изготавливается в виде фермы. На балке закреплены серьги, к которым подвешены стропы с крюками. Иногда стропы не закрепляются жестко за скобы, а перекидываются через ролики, установленные вдоль балки. Балка траверсы канатными растяжками соединена со скобой, подвешиваемой на крюк крана. Такая балка (рис. 4.6, а) работает на сжатие. Недостатком ее является уменьшение возможной высоты подъема груза, вызванное увеличением вертикального габарита траверсы.

В других конструкциях скоба непосредственно приваривается к балке (рис. 4.6, б). Эта траверса имеет небольшую высоту, но она работает на изгиб и поэтому более тяжелая.

В траверсах, работающих на сжатие, определяются усилия в канатах P (кН) и в балке N (кН):

$$P = Q/2 \cos \alpha; \quad N = Q/2 \operatorname{tg} \alpha,$$

где Q – вес поднимаемого груза, кН; α – угол наклона каната к вертикали.

Проверяется напряжение сжатия $\sigma_{\text{сж}}$ (МПа) в балке

$$\sigma_{\text{сж}} = N/10 \cdot F \cdot \varphi \leq [\sigma_{\text{сж}}]; \quad \varphi = f(\lambda); \quad \lambda = \mu \cdot l/r_{i \min},$$

где F – площадь сечения балки, см²; φ – коэффициент уменьшения допускаемых напряжений для сжатых стержней или продольного изгиба (определяется по таблицам в учебниках по сопротивлению материалов); λ – гибкость; μ – коэффициент заделки (в данной расчетной схеме $\mu = 1$); l – длина балки; $r_{i \min}$ – минимальный радиус инерции сечения балки.

В траверсах, работающих на изгиб, определяются максимальный изгибающий момент M (кН·см) и напряжение в балке $\sigma_{\text{и}}$ (МПа)

$$M = Qa/2; \quad \sigma_{\text{и}} = M/10 \cdot W \cdot \varphi_{\text{и}} \leq [\sigma_{\text{и}}],$$

где a – длина консоли, см; W – момент сопротивления балки, см³; $\varphi_{\text{и}}$ – коэффициент устойчивости при изгибе.

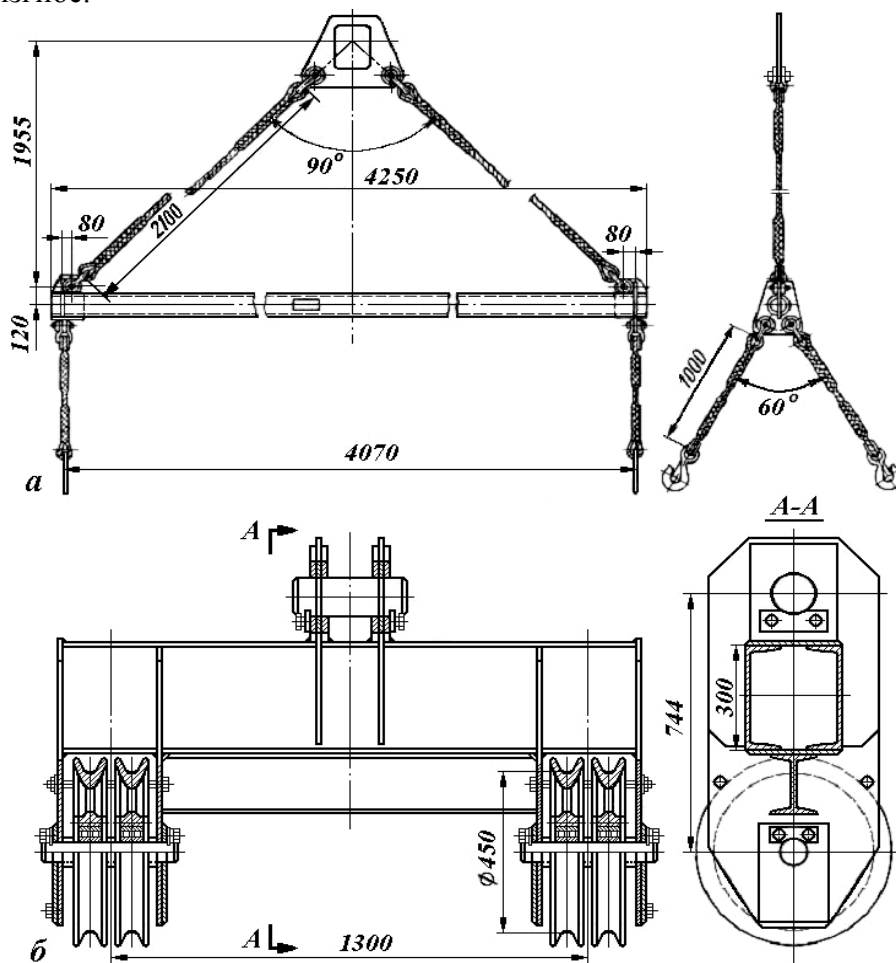


Рис. 4.6. Траверсы:

a – работающие на сжатие; $б$ – работающие на изгиб

Монтажные узлы. При отсутствии коушей стальные канаты крепятся к грузу или друг к другу с помощью узлов. Наибольшее распространение в строительно-монтажных работах получили петли и узлы, приведенные на рис. 4.7.

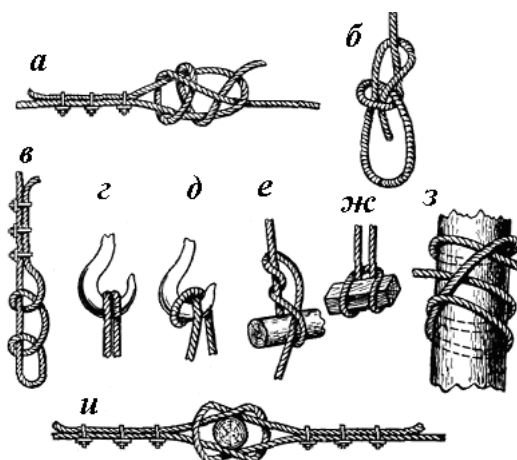


Рис. 4.7. Узлы и петля из канатов:

a – брамшкотовый узел; $б$ – калмыцкий узел; $в$ – штыковой узел; $г$ – простая петля; $д$ – закидная петля; $е$ – двойная восьмерка; $ж$ – мертвая петля; $з$ – задвижной штык; $и$ – восьмерка

Для крепления расчалок (вант) различных грузоподъемных машин, лебедок и т.п. применяются якоря (рис. 4.8), изготавливаемые из дерева или бетона.

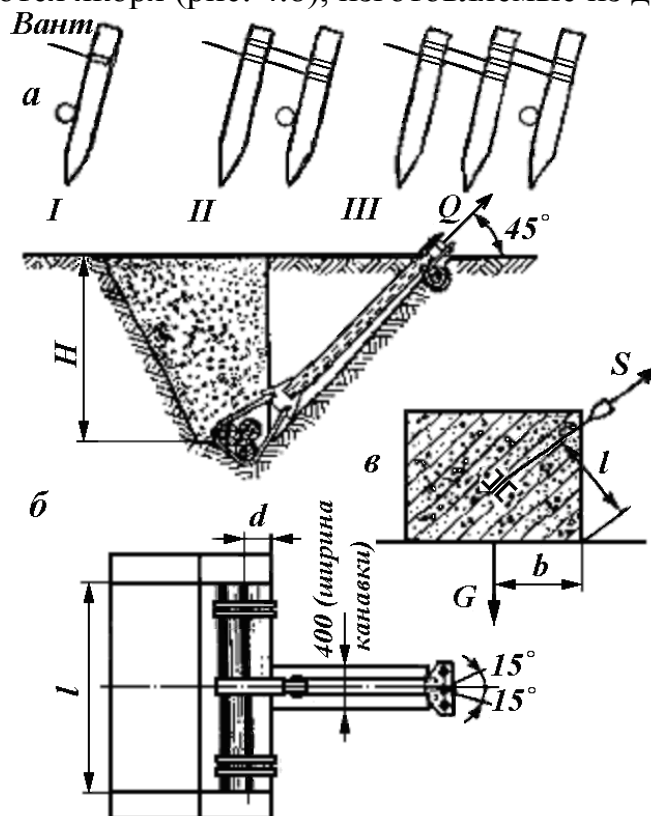


Рис. 4.8. Якоря:

a – деревянные свайные: *I* – односвайный; *II* – двухсвайный; *III* – трехсвайный;
б – деревянный горизонтальный; *в* – бетонный

Деревянные якоря подразделяют на свайные и горизонтальные. Свайные якоря изготовляют забивкой в грунт двух-трех рядов деревянных бревен. Эти сваи способны выдержать небольшое усилие (до 3 тс). Для больших усилий применяют деревянные якоря из горизонтальных бревен, зарытых в землю на глубину 1,5...2 м. Ряжевый якорь представляет собой сруб из бревен, опущенный в воду и засыпанный камнем. За нижнюю часть сруба крепится петля из стального каната, к которой присоединяются ванты. Бетонные якоря являются более надежными и долговечными, но на кратковременных монтажных работах применяются редко ввиду более высокой их стоимости.

Расчет горизонтальных якорей выполняется на устойчивость и прочность. Вес и нагрузка приняты в тс, что привычно для практиков.

1. Устойчивость якоря:

$$G + T > kN_2,$$

где G – вес грунта, расположенного над якорем, тс ($G = H \cdot d \cdot L \cdot \gamma$); T – сила трения, тс ($T = f \cdot N_1$); N_1 – горизонтальная составляющая усилия Q , тс; f – коэффициент трения дерева по грунту, $f = 0,5$; N_2 – вертикальная составляющая усилия Q , тс; k – коэффициент запаса, $k = 3$; d – диаметр бревна, м; L – длина бревна, м; H – глубина заложения якоря, м; γ – объемный вес грунта, т/м³.

2. Давление на грунт:

$$\sigma_{\text{гр}} = \frac{N_1}{\eta \cdot L \cdot d} \geq [\sigma_{\text{гр}}],$$

где $[\sigma_{гр}]$ – допускаемое давление на грунт на глубине H , МПа; η – коэффициент неравномерности смятия грунта, $\eta = 0,25$; d, L – размеры бревна, м.

3. Прочность якоря. Изгибающий момент на бревне составляет:

$$M = qL^2/8,$$

где q – равномерно распределенная нагрузка на бревно; $q = Q/L$.

По изгибающему моменту выбирается сечение бревна. При двух тягах сечение бревна определяется из условия изгиба и сжатия.

Бетонные якоря, выполненные в виде куба, рассчитываются на устойчивость:

$$G \cdot b > k \cdot S \cdot l,$$

где G – вес якоря, Н; S – усилие, действующее на якорь, Н; b, l в м (см. рис. 4.8); k – коэффициент запаса, $k = 1,5$.

Для работы на складе, например, железобетонных изделий, может быть использовано вакуумное захватное устройство (рис. 4.9). Перед началом работы вакуум-насос создает разрежение в ресивере, соединенном с вакуум-камерой шлангом с трехходовым краном. В нерабочем состоянии вакуум-камера отсоединена краном от ресивера и сообщается с атмосферой. Для захвата груза камера устанавливается на поверхности и переключается кран, обеспечивая связь вакуум-камеры с ресивером. Давление в камере понижается, и она присасывается к грузу. После завершения погрузо-разгрузочной операции кран переключается, и камера отключается от ресивера и начинает сообщаться с атмосферой, что заменяет расстроповку груза. При аварийной ситуации (отключение электроэнергии и т.п.) установка должна удерживать груз в течение 20 минут для завершения цикла погрузо-разгрузочной операции.

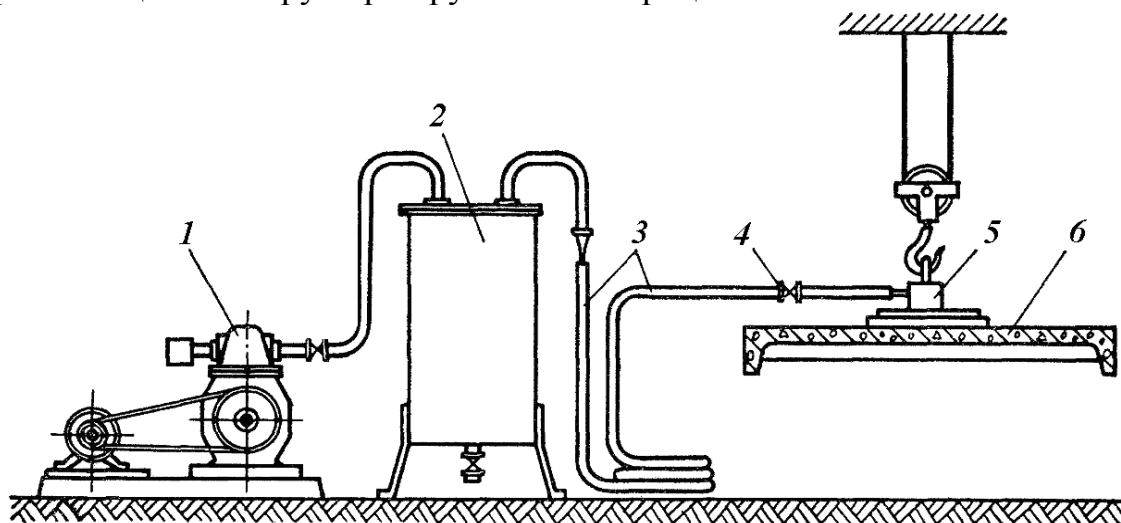


Рис. 4.9. Схема вакуум-захватной установки:

1 – вакуум-насос; 2 – ресивер; 3 – шланг; 4 – трехходовой кран; 5 – вакуум-камера; 6 – поднимаемое изделие

Электромагнитные захваты в строительстве практически не используются; их применяют в погрузо-разгрузочных работах, например, стального металлолома.

4.2. Лебедки, тали, домкраты

Строительные лебедки предназначены для подъема или перемещения грузов. Их подразделяют: по виду привода – на ручные (с ручным приводом) и

приводные (с механическим приводом); по назначению – на подъемные (для подъема груза) и тяговые (только для перемещения груза по горизонтальной или наклонной поверхности); по числу барабанов – на одно-, двухбарабанные (многобарабанные). Лебедки без барабана бывают с канатоведущим шкивом и рычажные.

Главным параметром лебедок является тяговое усилие каната (кН).

Ручные лебедки приводятся в действие мускульной силой рабочего и могут быть однобарабанными (рис. 2.54, а) или рычажными (без барабана).

В рабочем положении они крепятся на горизонтальной площадке и могут работать на открытом воздухе при температуре от -40° до $+40^{\circ}\text{C}$.

Все ручные лебедки имеют единую конструктивную схему. Они выполнены двухскоростными, оборудованы грузоупорными тормозами, действующими автоматически, и различаются между собой тяговым усилием, канатоемкостью барабана, числом валов, габаритами и т.п. Лебедки обеспечивают наибольшее тяговое усилие каната 12,5...50 кН, канатоемкость барабана 50...75 м. Крутящий момент M_p на валу рукоятки (Н·м)

$$M_p = P_p l_p,$$

где P_p – усилие на рукоятку, принимаемое для одного рабочего равным 100...120 Н в зависимости от продолжительности работы; $l_p = 0,4$ м – длина рукоятки.

Скорость навивки каната на барабан лебедки v_k , м/мин

$$v_k = v_p D_6 / 2l_p i,$$

где $v_p \leq 40$ м/мин – средняя окружная скорость движения при вращении рукоятки рабочим; D_6 – диаметр барабана, м; i – передаточное число зубчатых передач.

Лебедки с механическим приводом позволяют получать большие скорости навивки каната. Эти лебедки изготавливают однобарабанными с приводом от электродвигателя, подключенного к сети переменного тока напряжением 220/380, и многобарабанными с приводом от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания.

Однобарабанные реверсивные лебедки получили наибольшее распространение. Они устанавливаются на кранах и на других монтажных машинах и устройствах, но могут использоваться как самостоятельные подъемные механизмы. Грузы реверсивными лебедками опускаются принудительно, путем изменения направления вращения электродвигателя. Скорость спуска равна скорости подъема или несколько превышает ее.

Реверсивная лебедка (рис. 4.10) монтируется на сварной раме 1, на которой установлен барабан 2, двухступенчатый редуктор 3, тормоз 4 и электродвигатель 5, соединенный с редуктором упругой муфтой 6, внешняя цилиндрическая поверхность которой устанавливается со стороны редуктора и служит одновременно шкивом автоматического постоянно замкнутого двухколодочного тормоза 4. В лебедках этого типа может также применяться ленточный тормоз (рис. 2.51). Барабаны лебедок могут крепиться на валу редуктора консольно, а могут иметь выносную опору (рис. 4.10, а, б) с подшипником 7. Барабан лебедки соединяется с выходным валом редуктора с помощью зубчатой муфты 8.

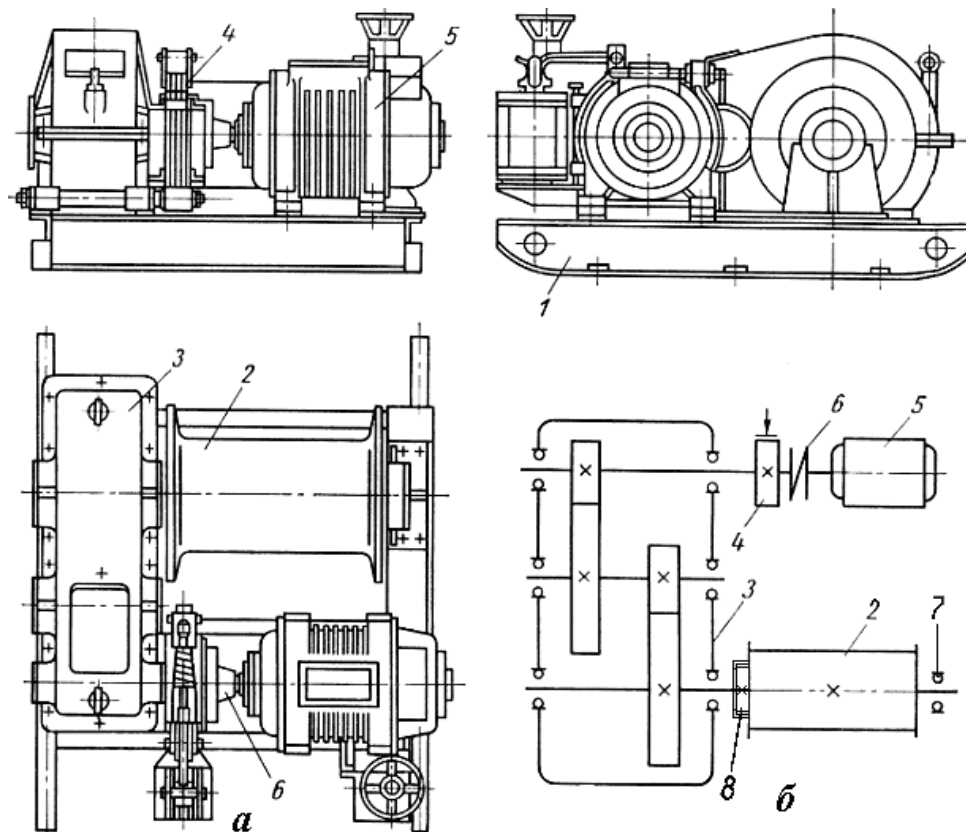


Рис. 4.10. Одноталовая реверсивная лебедка:

а – общий вид; *б* – кинематическая схема; 1 – рама; 2 – барабан; 3 – редуктор; 4 – тормоз; 5 – электродвигатель; 6 – упругая муфта; 7 – выносная опора; 8 – зубчатая муфта

На лебедках обычно устанавливают крановые электродвигатели, допускающие большую перегрузку, а на тихоходных лебедках – короткозамкнутые электродвигатели общепромышленного назначения.

Пусковая аппаратура лебедок включает реверсивный магнитный пускатель и кнопочный пост управления, с помощью которого осуществляется отключение работающего двигателя, его полный останов и включение на обратное направление вращения.

Управляют лебедкой с помощью электромагнитных пускателей кулачкового контроллера и кнопок управления. Реверсивные лебедки обеспечивают тяговое усилие каната 4,5...50 кН, имеют диаметр барабана 200...250 мм, канатёмкость барабана 80...250 м.

Скорость намотки каната на барабан (м/с) при однослойной намотке

$$v_k = v_{\Gamma} i_{\Pi},$$

где v_{Γ} – скорость подъема груза, м/с; i_{Π} – кратность полиспаста.

При многослойной намотке

$$v_k = n_{\delta} \pi [D_{\delta} + (2m - 1) \cdot d_k],$$

где m – число слоев намотки каната; n_{δ} – необходимая частота вращения барабана по первому слою намотки, с^{-1} ; $n_{\delta} = v_k / [\pi(D_{\delta} + d_k)]$.

Необходимая мощность на барабане лебедки (кВт)

$$N_{\delta} = P_{\delta} v_k / \eta_{\text{л}},$$

где P_{δ} – сила каната, намотаемого на барабан; $\eta_{\text{л}} = \eta_{\Pi} \cdot \eta_{\text{р}} \cdot \eta_{\delta}$ – к.п.д лебедки; η_{Π} – к.п.д полиспаста; $\eta_{\text{р}} = 0,94...0,96$ – к.п.д редуктора; $\eta_{\delta} = 0,97...0,98$ – к.п.д барабана на подшипниках качения.

По расчетному значению N_6 подбирают электродвигатель с продолжительностью включения (ПВ%), соответствующей режиму работы лебедки. Для лебедок, работающих по легкому и среднему режимам, упрощенно ПВ = 25%, по тяжелому ПВ = 40%.

Необходимо, чтобы мощность электродвигателя $N_{дв} \geq N_{л}$.

Редуктор подбирают по передаточному числу, режиму работы, мощности электродвигателя и частоте его вращения. Передаточное число редуктора

$$i_p = n_{дв} / n_6,$$

где $n_{дв}$ – частота вращения ротора электродвигателя, c^{-1} .

Колодочный тормоз выбирают по тормозному моменту M_T (кН·м) на приводном валу

$$M_T = \beta P_6 (D_6 + m d_k) \eta_{л} / 2 \cdot i_p,$$

где β – коэффициент запаса торможения, зависящий от режима работы лебедки; соответственно для легкого, среднего и тяжелого режимов работы $\beta = 1,5; 1,75$ и 2 .

Диаметр тормозного шкива $D_{ш}$ (мм) равен наружному диаметру соединительной упругой муфты. Выбранный тормоз проверяют на допустимое удельное давление тормозных колодок p .

Для увеличения производительности лебедок используются двигатели с регулируемым числом оборотов.

Применение больших скоростей необходимо на кранах с большой высотой подъема груза, а также возможно при подъеме легких грузов, при спуске крюков без груза и т.п. В некоторых конструкциях современных лебедок изменение скоростей каната достигается применением планетарных передач и двух двигателей. В лебедках с двумя двигателями и планетарным редуктором (рис. 4.11) возможно получение четырех скоростей в каждом направлении. Первая скорость получается при вращении обоих электродвигателей в одном направлении, вторая – при одном вращающемся двигателе, третья – при другом вращающемся двигателе и четвертая – при вращении двигателей в противоположных направлениях. Изменение скоростей и увеличение плавности включения достигается на лебедках, барабан которых, например, приводится в действие высокомоментным гидромотором. Такие лебедки уже применяются на башенных кранах.

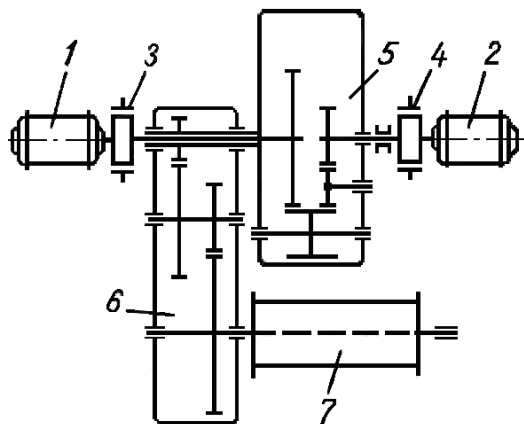


Рис. 4.11. Кинематическая схема многоскоростной электрореверсивной лебедки с планетарным редуктором: 1, 2 – электродвигатели; 3, 4 – тормоза; 5 – планетарный редуктор; 6 – двухступенчатый редуктор; 7 – барабан

В *зубчато-фрикционных лебедках* отсутствует жесткая кинематическая связь электродвигателя с барабаном, включаемым в работу при помощи фрикционной муфты. По конструкции фрикционной муфты различают лебедки с конусным и ленточным фрикционом. К достоинствам фрикционных лебедок относят высокую скорость опускания крюка (до 4...5 м/сек); возможность конструирования на базе одного двигателя многобарабанных лебедок с самостоятельным включением и отключением при работающем двигателе каждого барабана в отдельности. Вместе с тем фрикционные лебедки весьма громоздки и имеют относительно большой вес. Управление ими требует более высокой квалификации моториста (крановщика), поскольку им приходится совмещать управление муфтами с управлением тормозами. По сравнению с реверсивными лебедками на фрикционных сложнее обеспечивать требования техники безопасности. На рис. 4.12 показаны кинематическая схема однобарабанной лебедки с конусным фрикционом и конструкция конусного фрикциона.

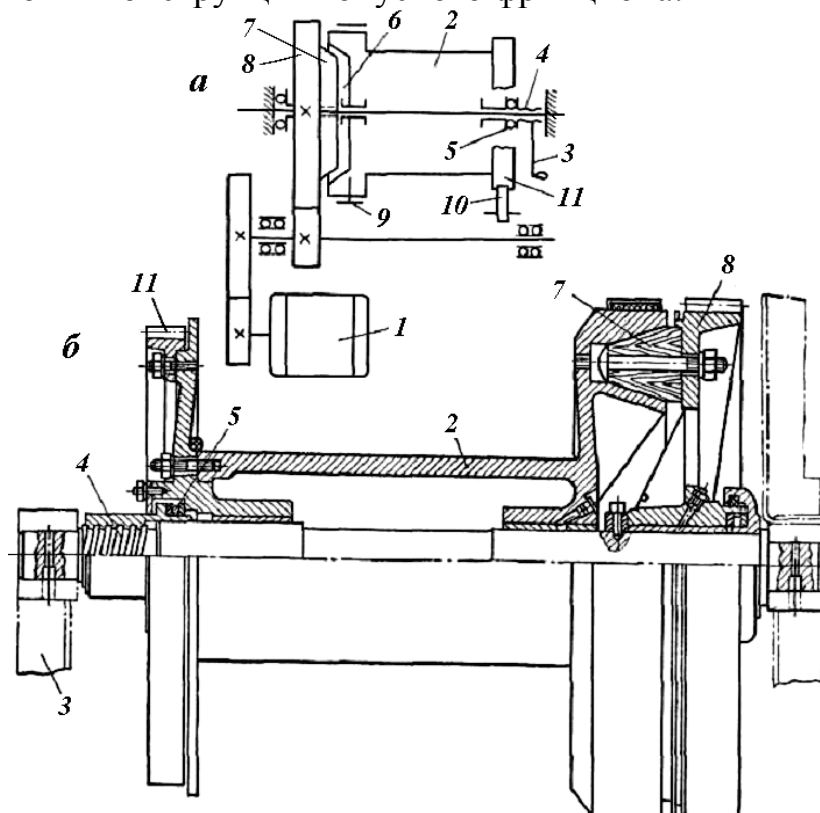


Рис. 4.12. Лебедка однобарабанная с конусным фрикционом:

а – кинематическая схема; *б* – конструкция барабана с конусной фрикционной муфтой

Управление такой лебедки заключается в следующем. Включается электродвигатель *1* при отключенном барабане *2*, при этом вместе с двигателем вращаются все передачи, а барабан неподвижен и груз не поднимается. Для подъема груза при помощи рукоятки *3* поворачивается нажимная гайка *4*, которая, передвигаясь по винтовой нарезке на конце оси, при помощи упорного подшипника *5* передвигает по направлению к большому зубчатому колесу свободно сидящий на оси барабан. Своей конической расточкой *б* барабан надвигается на конический выступ *7* (или конусные колодки) в торцевой плоскости свободно посаженного на оси зубчатого колеса *8* и происходит их зацепление. Одновременно с поворотом рукоятки поднимается связанный с ней гибкой тягой ры-

чаг ленточного тормоза 9, и тормоз открывается. При подъеме груза собачка 10 проскальзывает по храповому колесу 11. Храповое колесо и тормозной диск составляют одно целое с барабаном. Для того чтобы прекратить подъем груза, рукоятку 3 опускают вниз; при этом гайка выводит барабан из зацепления; одновременно опускается рычаг ленточного тормоза и последний закрывается – груз остается на весу. Опускание груза или крюка с такелажным оборудованием производят по принципу свободного падения с регулированием скорости опускания при помощи педали ленточного тормоза (собачка храповика при этом должна быть откинута). Храповик нужен для удержания груза в поднятом состоянии при необходимости в течение длительного времени, а также для его стопорения при внезапном отключении двигателя при подъеме.

У лебедок с ленточным фрикционом передача крутящего момента от зубчатого колеса привода барабану производится по принципу ленточного тормоза. Концы фрикционной ленты закрепляются на пальцах (один из них поворотный), установленных на зубчатом колесе. Один из пальцев подвижный. Он эксцентрично закреплен относительно поворотного пальца, который при помощи системы рычагов и втулок затягивает ленточный фрикцион на тормозной муфте барабана, благодаря чему последний начинает вращаться и поднимать груз. Опускание груза осуществляют под действием собственного веса его при включенной муфте. Для регулирования скорости опускания груза применяют спускные ленточные нормально замкнутые и реже нормально открытые тормоза.

Ленточные фрикционы отличаются от конусных легкостью управления и надежностью при перегрузке крана или ковша экскаватора, в связи с чем применяются широко в лебедках экскаваторов с механической трансмиссией, а также в многобарабанных лебедках мачтово-стреловых кранов. Они пригодны для передачи крутящих моментов только в одном направлении, вследствие чего применяются главным образом в механизмах подъема.

На рис. 4.13 показана кинематическая схема многобарабанной лебедки с высокомоментными ленточными фрикционными муфтами.

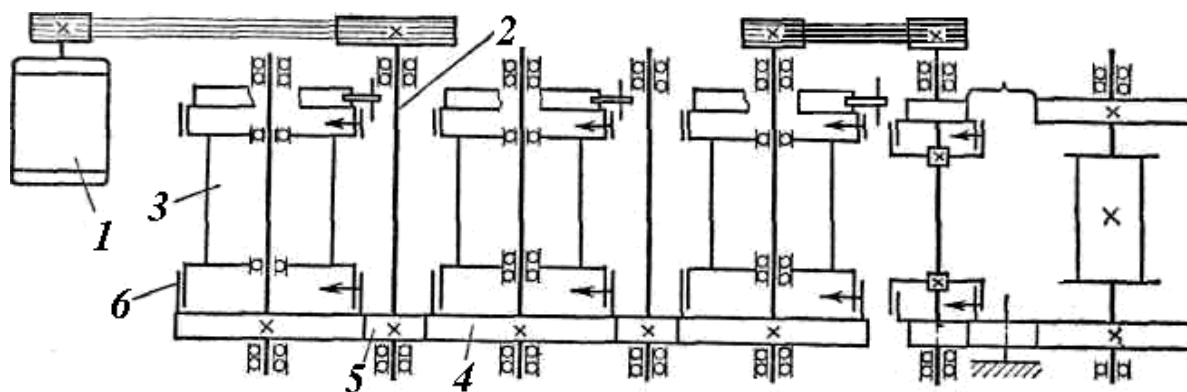


Рис. 4.13. Кинематическая схема многобарабанной фрикционной лебедки:

1 – двигатель; 2 – промежуточный вал; 3 – барабан; 4 – зубчатое колесо второго барабана;
5 – ведущая шестерня промежуточного вала; 6 – ленточный фрикцион

Тали представляют собой компактные грузоподъемные устройства, подвешиваемые на опорах. Они применяются при выполнении монтажных, ремонтных и такелажных работ. По типу привода различают ручные и электрические тали.

Ручные тали по конструкции делятся на шестеренные и червячные. Привод их осуществляется от рычажно-храпового механизма или от бесконечной цепи. Червячная таль (рис. 4.14, а) подвешивается к несущим элементам на крюке 7, шарнирно соединенном с корпусом 6. В корпусе расположен червяк 9, входящий в зацепление с червячным колесом 5, которое вместе с грузовой звездочкой 4 жестко закреплено на валу. Грузовая (обычно пластинчатая) цепь 2 огибает грузовую звездочку 4, звездочку 10 подвижной крюковой обоймы 1 и крепится к корпусу тали, образуя двукратный полиспаст. При вращении тяговой звездочки 8 бесконечной цепью 11 движение через червячную передачу сообщается звездочке 4, которая, перемещая грузовую цепь, осуществляет подъем или опускание крюка. Поднятый груз удерживается на высоте дисковым грузоупорным тормозом 3 с храповым остановом, установленным на валу червяка. Усилие P (Н) в тяговой цепи 11 при подъеме груза весом Q , (Н):

$$P = Q \cdot r / (i_{\text{п}} i_{\text{ч}} R \cdot \eta),$$

где r – радиус грузовой звездочки, мм; $i_{\text{п}}$ – кратность полиспаста; $i_{\text{ч}}$ – передаточное число червячной передачи; R – радиус тяговой звездочки, мм; $\eta = 0,55 \dots 0,75$ – к.п.д. тали.

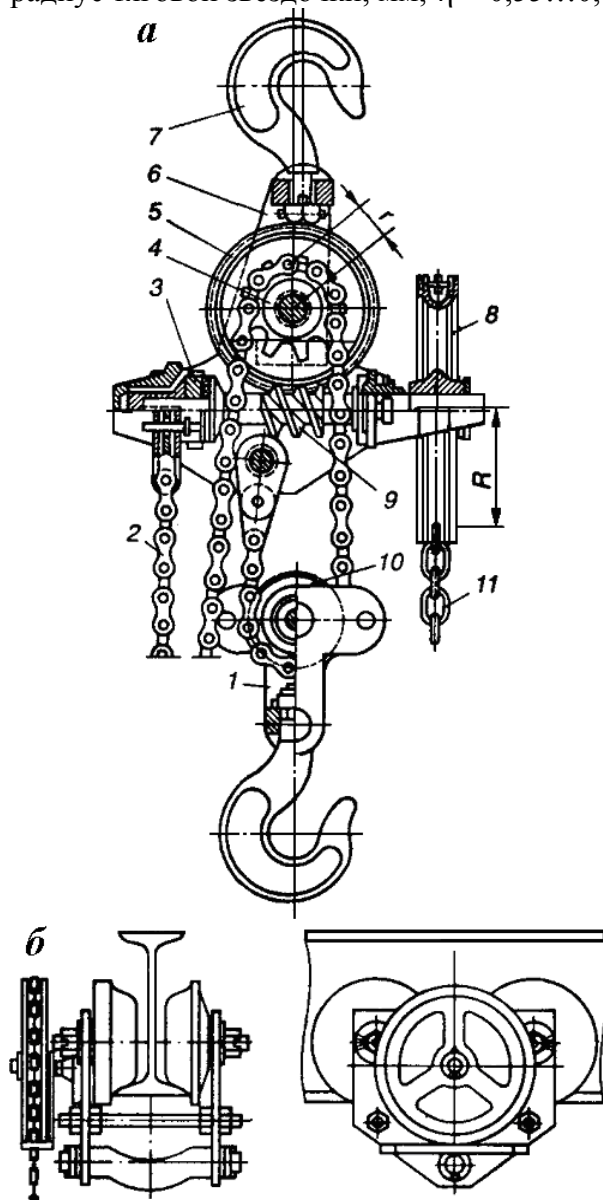


Рис. 4.14. Ручная червячная таль

При необходимости горизонтального перемещения поднятого груза тали подвешивают к ходовым тележкам, передвигающимся по двутавровой балке – монорельсу. Тележки талей грузоподъемностью 0,5...1 т обычно не имеют механизма передвижения и перемещаются за счет усилия рабочего, а у тележек талей грузоподъемностью 1...5 т устанавливается механизм передвижения с ручным приводом (рис. 4.14, б). Грузоподъемность ручных талей составляет от 0,5...10 т, а высота подъема груза – до 3 м.

Электрические тали применяют для перемещения груза самостоятельно или в качестве грузоподъемных механизмов кранов (поворотные и неповоротные на колонне краны, кран-балки, козловые краны и т.д.). Они могут быть неподвижными и передвижными с ручным и электроприводным механизмом передвижения. В последнем случае таль называется тельфером (рис. 4.15), который состоит из одной или двух ходовых тележек 1, электродвигателя 11, барабана 10, редуктора 7, электромагнитного дискового (или колодочного) тормоза 4, крюковой обоймы 8. Крутящий момент от двигателя через редуктор передается на грузовой нарезной барабан, на который навивается канат 9. При включении тельфера на подъем или опускании груза электромагниты 6, включенные в цепь электродвигателя, разъединяют диски тормоза и позволяют быстроходному валу 3 свободно вращаться. При отключении электродвигателя катушки электромагнитов обесточиваются, пружина 5 прижимает подвижные диски тормоза к неподвижным, в результате чего груз удерживается на высоте. Ограничитель высоты подъема груза автоматически отключает электродвигатель при достижении крюковой обоймой предельной высоты. Передвижение тельфера по монорельсу 2 осуществляется от индивидуального электродвигателя с редуктором. Управление электроталими ведется через гибкий кабель, снабженный пультом с пусковыми кнопками. Грузоподъемность электроталей – 0,2...10 т, высота подъема груза – до 35 м, скорость подъема – 0,13 м/с, передвижения тележки – 0,33...0,5 м/с.

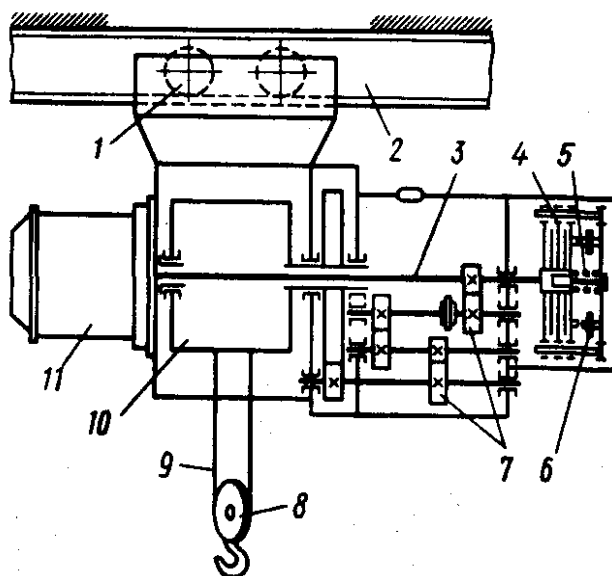


Рис. 4.15. Кинематическая схема электрической тали (тельфера)

Домкраты по конструктивному решению (рис. 4.16) подразделяют на реечные, винтовые и гидравлические. При этом реечные домкраты име-

ют только ручной привод, винтовые и гидравлические могут быть с ручным и механическим приводом.

При помощи *реечных домкратов* поднимают грузы до 120 кН на высоту 0,4...0,6 м (без перестановки домкрата).

Реечный домкрат (рис. 4.16, *а*) состоит из корпуса 1, выдвижной зубчатой рейки 2 с грузовой головкой 3 и лапой 4. Подъем или опускание рейки домкрата осуществляется вращением рукоятки 5. Через систему из одной или двух зубчатых передач это вращение передается специальной шестерне 6, работающей в паре с рейкой 2, которая выдвигается или опускается в зависимости от направления вращения рукоятки. Для удержания на весу поднятого груза применяют зубчатый останов. Храповое колесо 7 установлено на валу рукоятки, а собачка 8 закреплена шарнирно на корпусе.

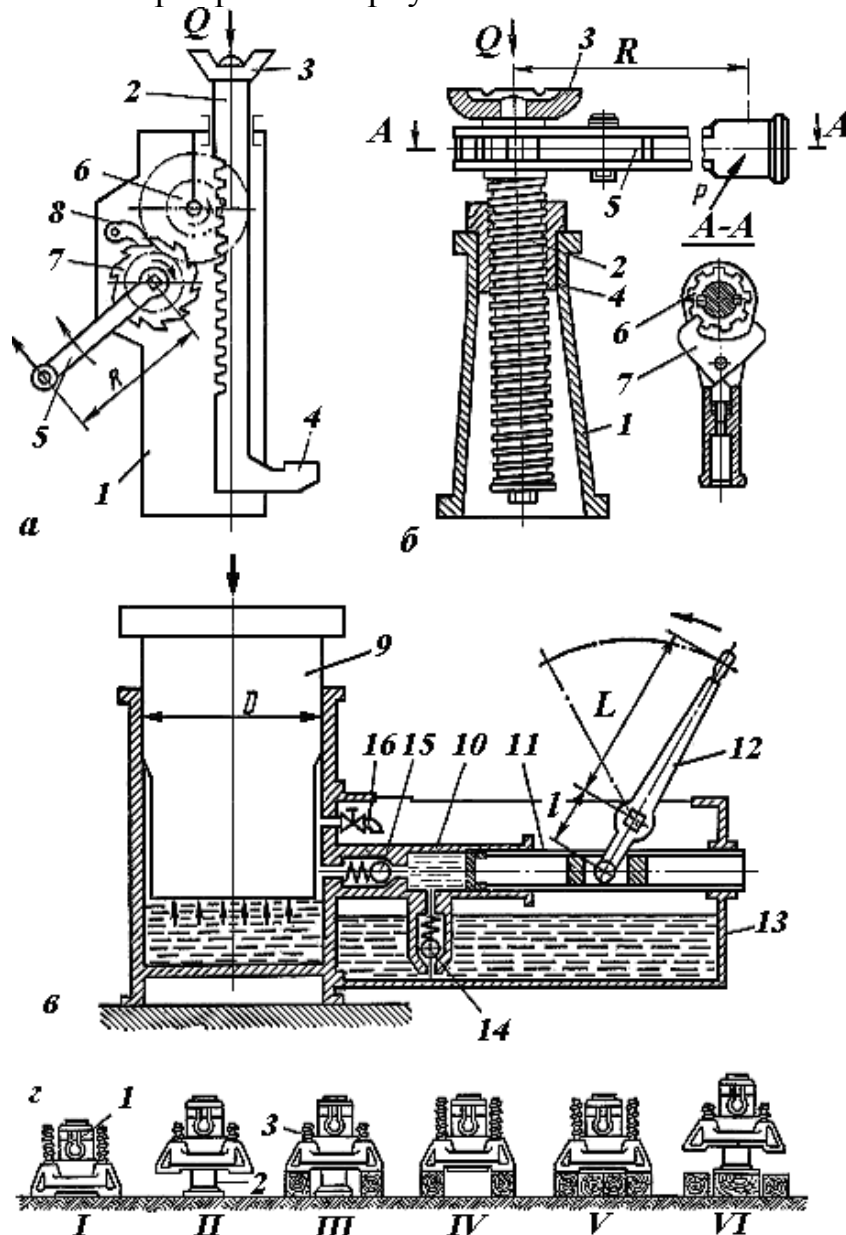


Рис. 4.16. Домкраты:

а – реечный; *б* – винтовой; *в* – гидравлический одинарного действия; *г* – гидравлический реверсивного (двойного) действия; *I* – цилиндр домкрата в нижнем положении; *II* – цилиндр поднимается с грузом в верхнее положение; *III* – возвратные пружины сжимаются и под лапы цилиндра подводятся опорные брусья; *IV* – открывается спускной клапан и поршень под действием возвратных пружин подтягивается в цилиндр; *V* – под основание поршня подкладываются опорные брусья; *VI* – включается насос и цилиндр поднимает груз еще на один ход домкрата

Для обеспечения компактности реечного домкрата, особенно при наличии передач, диаметры малых шестерен и число их зубьев принимают минимальными, число передач не более двух, а передаточные числа каждой пары не более 4...5.

Грузоподъемность реечного домкрата при подъеме низко расположенных грузов лапой в два раза меньше номинальной грузоподъемности, имеющей место при подъеме груза, опирающегося на грузовую головку.

Передаточное число системы передач реечного домкрата

$$i = \frac{Q \cdot r_{\text{ш}}}{P \cdot R \cdot \eta},$$

где Q – величина груза, опирающегося на головку домкрата, кН; $r_{\text{ш}}$ – радиус шестерни, находящейся в зацеплении с рейкой; P – усилие на рукоятки; R – радиус рукоятки; η – коэффициент полезного действия домкрата, учитывающий трение в передачах (при одной передаче к.п.д. равен 0,7...0,75, при двух – 0,65... 0,7; при отсутствии передач – 0,8...0,85).

При вращении рукоятки рабочим со скоростью n об/мин, скорость подъема груза v (м/с) составит $v = 2\pi \cdot n \cdot r_{\text{ш}} / 60i$, ($r_{\text{ш}}$ в м).

При работе с реечным домкратом необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности. Устанавливать домкрат под грузом вертикально на надежном основании. При подъеме груза собачка должна быть накинута на храповое колесо. Перед использованием домкрата следует проверить его исправность и надежность закрепления всех деталей (особенно валов и шестеренок).

Грузоподъемность *винтовых домкратов* составляет от 20 до 200 кН (2...20 т) при ручном приводе и до 500 кН (50 т) – при механическом приводе (электродвигатель с червячной передачей). Высота подъема груза винтовым домкратом с одной установки составляет 0,25...0,3 м.

Состоит винтовой домкрат (рис. 4.16, б) из корпуса чугунного или стального 1, винта с прямоугольной или трапецеидальной нарезкой 2, бронзовой гайки 4, закрепленной в верхней части корпуса, и приводной рукоятки 5. На верхнем конце винта шарнирно закреплена грузовая головка 3, что позволяет винту при подъеме груза свободно вращаться. Поскольку поворот рукоятки под грузом произвести трудно, ее снабжают храповым механизмом (трещоткой), состоящим из храпового колеса 6 и защелки 7, что дает возможность осуществлять подъем винта поворотом рукоятки на относительно небольшой угол; обратный поворот рукоятки является холостым и на винт не передается. Винтовые домкраты обладают способностью к самоторможению, так как при угле наклона винтовой линии $\alpha = 4...6^\circ$ он будет равен или меньше угла трения φ и, следовательно, к.п.д. будет меньше 0,5 ($\eta_{\text{в}} < 0,5$).

Зависимость между величиной усилия P , приложенного к рукоятке винтового домкрата, и весом поднимаемого груза Q может быть установлена, если приравнять работу силы P за один оборот винта с учетом потерь на трение (характеризуемых коэффициентом полезного действия $\eta_{\text{в}}$) полезной работе груза Q при подъеме его на высоту h , равную шагу винта $P2\pi R\eta_{\text{в}} = Qh$, откуда $Q = P2\pi R\eta_{\text{в}}/h$. При работе на подъем груза $\eta_{\text{в}} = \text{tg}\alpha/\text{tg}(\alpha + \varphi)$, откуда

$Q = P 2\pi R \cdot \operatorname{tg} \alpha / h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$. Шаг винта h можно определить по радиусу винта r и углу α – подъема винтовой линии $h = 2\pi r \cdot \operatorname{tg} \alpha$, тогда $Q = PR/r \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$.

При применении червячной передачи с передаточным числом i

$$Q = \frac{M_{\text{дв}} i_{\text{ч.п}} \eta_{\text{ч.п}}}{r \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

где $i_{\text{ч.п}}$ и $\eta_{\text{ч.п}}$ – передаточное отношение и коэффициент полезного действия червячной передачи.

По сравнению с реечными винтовые домкраты имеют следующие достоинства: возможность получения высокой грузоподъемности (в 4...5 раз больше грузоподъемности реечного); компактность и простота конструкции ввиду отсутствия грузоупорного тормоза; примерно в 2 раза меньшая величина удельного показателя массы на единицу грузоподъемности (винтовой – 3 кг/т, реечный – 6 кг/т). Недостатками винтовых домкратов являются низкий к.п.д. (примерно в 2 раза меньше, чем у реечного), меньшая высота подъема груза с одной установки домкрата. Винтовые домкраты необходимо устанавливать центрально под грузом и не увеличивать длину рукоятки домкрата с тем, чтобы крутящий момент, передаваемый на винт, не превышал того значения, на которое винт рассчитан. Эти особенности конструкций реечных и винтовых домкратов определили их применение. Они используются для разных целей.

Гидравлические домкраты по сравнению с реечными и винтовыми обладают меньшей массой на единицу грузоподъемности и более высоким к.п.д. На рис. 4.16, в показана принципиальная схема гидравлического домкрата с ручным приводом. Подъем груза осуществляется плунжерным насосом, состоящим из цилиндра 10 и плунжера 11 с уплотняющей манжетой. С помощью приводной рукоятки 12 сообщается возвратно-поступательное движение плунжеру насоса, который перекачивает жидкость из бака 13 в рабочий цилиндр через всасывающий 14 и нагнетательный 15 клапаны. Возникшее в нижней части цилиндра давление жидкости перемещает вверх поршень 9 вместе с грузом. Опускание поршня происходит за счет сливания жидкости из рабочего цилиндра в бак через сливной кран 16. Рабочей жидкостью служат промышленные масла и незамерзающие жидкости.

Усилие P (Н) на рукоятке с плечом длиной L (мм), необходимое для подъема груза весом Q , (Н):

$$P = Qd^2 l / D^2 L \eta,$$

где d – диаметр плунжера насоса, мм; D – диаметр поршня домкрата, мм; l и L – плечи рукоятки, мм; $\eta = 0,8 \div 0,9$ – к.п.д. домкрата.

Грузоподъемность гидравлических домкратов с ручным приводом достигает 200 т, высота подъема – до 0,2 м. Для подъема сборных этажей зданий, пролетов мостов применяют домкраты, соединенные в общую батарею и питаемые жидкостью от одного насоса с электроприводом. Применяемая при этом аппаратура позволяет регулировать скорость подъема и опускания любого домкрата в батарее. Грузоподъемность этих домкратов до $3 \cdot 10^3$ т. Для подъема грузов на высоту, превышающую ход домкрата, используют телескопические и реверсивные (двойного действия) домкраты.

В гидравлических домкратах двойного действия вначале выдвигается цилиндр, поднимая груз, затем после подстановки под цилиндр опорных подкладок поднимается поршень и т.д. (полная схема работы показана на рис. 4.16, з).

4.3. Строительные подъемники

Строительные подъемники предназначены для подъема (опускания) строительных грузов и людей на этажи и крыши зданий и сооружений при выполнении строительно-монтажных, отделочных и ремонтных работ. Грузонесущие органы строительных подъемников (клеть, кабина, платформа, ковш, крюк, бункер, бадня, захваты и т. д.) движутся, как правило, по вертикальным жестким направляющим.

Строительные подъемники классифицируют по назначению, способу установки, конструкции направляющих, типу грузонесущего органа и механизма подъема, способу монтажа и степени мобильности.

По назначению – грузовые предназначены для транспортирования только грузов, и грузопассажирские – грузов и людей.

По способу установки – стационарные, которые могут быть приставными, прикрепляемыми к зданию, и свободностоящими – без крепления к зданию, а также передвижными (самоходные и несамоходные), способными перемещаться относительно здания в процессе работы. Передвижные подъемники на рельсовом или пневмоколесном ходу используют сравнительно редко.

По конструкции направляющих грузонесущего органа – с подвесными (гибкими) и жесткими направляющими.

Подъемники с жесткими направляющими бывают мачтовыми, скиповыми и шахтными. Тип грузонесущего органа подъемника определяется его назначением. Грузопассажирские подъемники оборудуются кабинами, грузовые – выдвижными и невыдвижными, поворотными и неповоротными платформами, выдвижными рамами, выкатными консолями, монорельсами и направляющими с подвесной клетью, а также саморазгружающимися ковшами. Механизмы подъема подъемников разделяют на канатные и бесканатные. В канатных механизмах подъема используются канатно-блочная система и лебедка, в бесканатных – зубчато-реечные или цепочно-реечные механизмы модульного типа.

По способу монтажа подъемники делят на мобильные, перевозимые с объекта на объект в собранном виде, и немобильные, разбираемые при монтаже на секции и перевозимые в таком виде к месту монтажа.

Подъемники не имеют единой системы индексации.

Главным параметром подъемников является грузоподъемность. К основным параметрам относятся: наибольшая высота подъема груза (расстояние по вертикали от уровня земли до нижнего уровня груза, находящегося в крайнем верхнем положении); скорость подъема и опускания груза; величина перемещения груза по горизонтали (максимальное расстояние от оси мачты подъемника до конца платформы, введенной в оконный проем, или до оси крюка, на котором подвешен груз); величина вертикального перемещения груза, введенного в здание (максимальное расстояние по вертикали между крайними верхним и нижним положениями груза); скорость подачи груза (скорость горизон-

тального перемещения груза); для передвижных подъемников колея (расстояние между осями рельсов или между колесами, расположенными на одной оси) и база (расстояние между осями крайних ходовых колес, расположенных на одном рельсе или одной стороне подъемника); установленная мощность; конструктивная и общая масса подъемника; шаг настенных опор (расстояние, по вертикали между соседними креплениями подъемника к стене здания или сооружения); производительность и т.д.

Грузовые подъемники выпускают мачтовыми и шахтными. Последние применяются при возведении кирпичных труб высотой до 120 м.

Мачтовые подъемники наиболее распространены в городском строительстве и предназначены для подъема и поэтажной подачи через оконные и дверные проемы зданий различных строительных материалов и деталей для санитарно-технических, отделочных, ремонтных и других работ. Различают *грузовые* и *грузопассажирские* мачтовые подъемники. Последние применяют для подъема не только грузов, но и людей при строительстве многоэтажных зданий. Мачтовый подъемник состоит из опорной рамы, вертикальной направляющей мачты, подъемной грузовой платформы (у грузовых) или кабины (у грузопассажирских), механизма подъема платформы (кабины), органов управления и предохранительных устройств. В механизмах подъема используются реверсивные лебедки с электроприводом. По конструкции мачты различают подъемники с одной направляющей мачтой (одностоечные) и с двумя направляющими мачтами (двухстоечные). Одностоечные и двухстоечные подъемники оснащаются жесткими и выдвижными грузонесущими органами. Подъемники с жестким грузонесущим органом имеют одно рабочее движение – подъем груза, а с выдвижным два рабочих движения – подъем груза и горизонтальное его перемещение внутрь здания через проем.

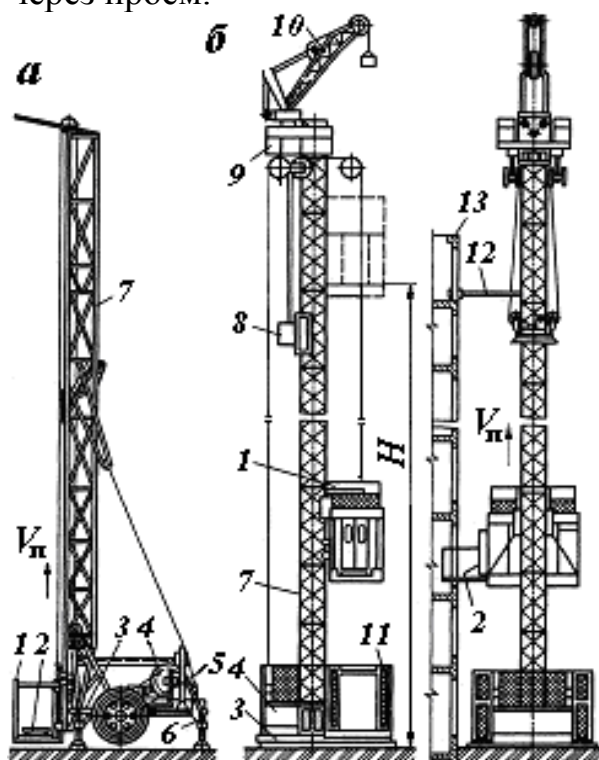


Рис. 4.17. Мачтовые строительные подъемники:

а – грузовой; б – грузопассажирский

Грузовой мачтовый подъемник (рис. 4.17, *а*) состоит из опорной рамы 3, реверсивной грузовой лебедки 4, канатно-блочной системы, вертикальной мачты 7, в направляющих которой перемещается грузонесущий орган (стрела, платформа, монорельс) 1, системы управления и предохранительных устройств. В мобильных подъемниках, перевозимых в прицепе к автомобилю, предусмотрены колеса на пневмошинах 5, которые во время работы подъемника вывешиваются винтовыми опорами (аутригерами) 6. Мобильные свободностоящие подъемники имеют неразборную на отдельные секции мачту высотой до 12 м, жесткую платформу и применяются на строительстве зданий малой этажности. Монтаж – демонтаж подъемника осуществляется с помощью грузовой лебедки в течение 10...15 мин. Грузоподъемность мобильных грузовых подъемников – 320 кг. Приставные грузовые подъемники имеют секционно-разборную мачту и выдвижной грузонесущий орган.

Подача груза внутрь здания после подъема осуществляется выдвижением платформы 1 с грузом вдоль жесткой подъемной рамы 2 (рис. 4.18, *а*), изменением угла наклона и перемещением шарнирно-сочлененной стрелы 3 с гуськом 4 (рис. 4.18, *б*) или перемещением монорельса 5 с грузом относительно мачты (рис. 4.18, *в*). Наличие таких органов обеспечивает высокую безопасность работы, так как отпадает необходимость выхода рабочего на грузовую платформу подъемника для ее разгрузки.

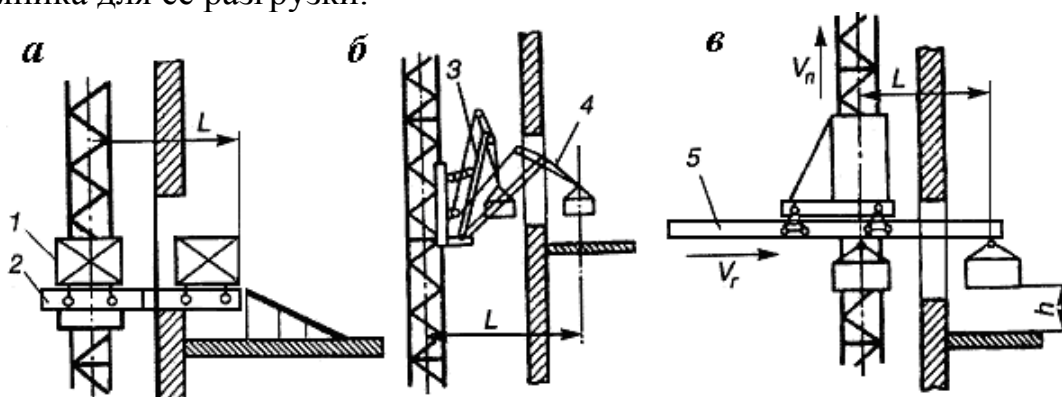


Рис. 4.18. Схемы устройств для выдвижения грузонесущих органов мачтовых подъемников

Металлоконструкция мачт подъемников выполняется решетчатой прямоугольного и треугольного сечения с одной или двумя направляющими для роликов грузонесущего органа. Мачты крепят к зданию настенными опорами. Мачты подъемников для многоэтажного строительства выпускают разборными, состоящими из взаимозаменяемых секций длиной 1,5...3 м. Вдоль мачты с помощью канатно-блочной системы или реечного зацепления перемещаются грузонесущие органы, выполняемыми с неизменяемой формой (4.17) или в виде механизма, обеспечивающего подачу груза в окна или проемы строящегося здания (4.18). К неизменяемым грузонесущим органам относят вертикально перемещаемые платформы.

В конструкциях подъемников с канатными механизмами подъема груза используют одно- или двухбарабанные реверсивные лебедки.

В последнее время все большее распространение получают грузовые мачтовые подъемники с бесканатным механизмом подъема. Бесканатный реечный

механизм подъема монтируется непосредственно на грузонесущем органе и включает электродвигатель, тормоз и редуктор, на выходном валу которого закреплена шестерня, входящая в зацепление с зубчатой или цевочной рейкой, установленной по всей длине мачты. При своем вращении шестерня перемещается поступательно вдоль рейки, увлекая за собой платформу. Реечные подъемные механизмы включают один или два подъемных модуля. По сравнению с подъемниками с канатным механизмом подъема, подъемники с реечным механизмом более надежны и безопасны в эксплуатации и имеют более высокие технико-эксплуатационные показатели. Управление подъемниками осуществляется машинистом с пульта управления (или переносного пульта на этаже адресования) или непосредственно из кабины с автоматическими остановками на этажах по адресованным вызовам.

Грузоподъемность приставных грузовых мачтовых подъемников с канатным механизмом подъема – 500 кг, с реечным механизмом – 600...800 кг, высота подъема груза подъемников с канатным подъемным механизмом до 75 м (скорость подъема груза 0,4...0,5 м/с) с реечным механизмом до 150 м (скорость подъема груза 0,55...0,6 м/с).

Грузопассажирские подъемники выполняются приставными немобильными (разбираемыми при демонтаже). Они разделяются на шахтные и мачтовые. Шахтные подъемники имеют ограниченное применение и используются для строительства кирпичных и монолитных железобетонных дымовых труб. Мачтовые грузопассажирские подъемники широко применяют в строительном производстве. На мачтовых грузопассажирских подъемниках используют подъемные механизмы двух типов – канатные и бесканатные (реечные). В канатных механизмах подъема используют реверсивные барабанные лебедки и лебедки с канатоведущим шкивом. При использовании лебедки с канатоведущим шкивом кабина подвешивается на трех канатах.

Грузопассажирский подъемник (рис. 4.17, б) грузоподъемностью 1000 кг с канатным механизмом подъема состоит из решетчатой мачты 7, установленной на опорной раме 3, кабины 1, противовеса 8, машинного отделения 4 с механизмом подъема и ограждением 11. Через отводные блоки головки 9 мачты запасованы три грузовых каната, на одних концах которых через балансирную подвеску подвешена кабина, а на других – противовес с тремя резервными барабанами для сматывания излишков каната при малой высоте мачты. Кабина по мачте перемещается на ходовых роликах и снабжена входной и выходной дверями и откидным трапом 2 для высадки пассажиров на этажах. Мачта крепится к зданию 13 настенными опорами 12.

Канатоведущий шкив с тремя кольцевыми ручьями на поверхности огибают три грузовых каната, располагаемые в ручьях. Канаты прижимаются к поверхности ручьев за счет натяжения, создаваемого весом кабины и противовеса. Тяговое усилие каждому канату сообщается за счет трения между контактирующими поверхностями каната и ручья шкива.

Монтаж подъемника осуществляют методом наращивания сверху секции с помощью монтажного барабана лебедки, монтажного каната и самоподъемной монтажной головки с наклоняющейся стрелой 10 (рис. 4.17, б) и собствен-

ным механизмом перемещения головки по мачте. Подъемник можно монтировать также с помощью башенного крана, монтажного блока, каната и вспомогательной лебедки. При наращивании мачты во время монтажа грузовые канаты, запасованные на максимальную высоту подъема кабины, постепенно сматываются с резервных барабанов.

Подъемником управляет один машинист. Безопасность работы подъемника обеспечивается ограничителем скорости, установленным на каретке, и ловителями, срабатывающими при ослаблении натяжения или обрыве подъемного каната.

Грузопассажирские подъемники с бесканатным механизмом подъема используют на строительстве зданий высотой 70...150 м. Их грузоподъемность составляет 580...1000 кг, скорость подъема – 0,7 м/с.

Возвратно-поступательное движение кабины обеспечивается реечным приводным устройством, состоящим из двух унифицированных моноблочных приводных модулей закрытого типа. Каждый модуль включает (рис. 4.19) электродвигатель 4 со встроенным дисковым тормозом 3 и червячный редуктор 5 на выходном валу которого закреплена ведущая шестерня 2, входящая в зацепление с рейкой 1 мачты. Модули смонтированы в кабине, роликовые башмаки которой охватывают направляющие стойки мачты с трех сторон. Кабина снабжена центробежным фрикционно-дисковым узлом безопасности с постоянным усилием торможения. Узел безопасности растормаживается при неработающем механизме подъема вручную за 20...30 с. с помощью ручного привода. Уравновешивание кабины обеспечивается противовесом, подвешенным на канатах, огибающих блоки оголовка мачты. Скорость подъема составляет 0,5...0,65 м/с.

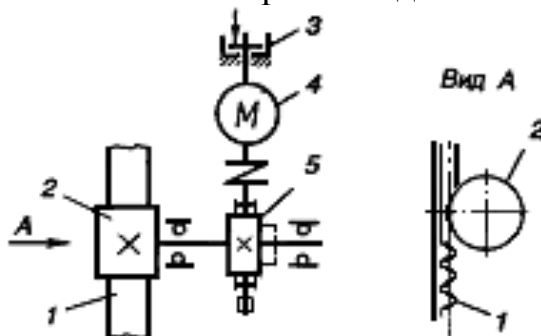


Рис. 4.19. Кинематическая схема реечного приводного устройства

Обеспечение безопасной эксплуатации мачтовых подъемников осуществляется автоматически действующими клиновыми и эксцентриковыми ловителями, останавливающими и удерживающими платформу или кабину в случае превышения номинальной скорости ее опускания (при обрыве, ослаблении грузового каната или при выходе из строя механизма подъема бесканатного типа – реечного зацепления), а также концевыми выключателями, звуковыми и световыми сигнализаторами, блокировочными выключателями замков на двери нижнего ограждения и входной двери кабины, блокировочными выключателями слабину канатов противовеса и перепуска, путевыми выключателями точной остановки и т.п.

Эксплуатационная производительность Π_3 (т/ч) строительных подъемников:

$$P_{\text{э}} = nQ \cdot \kappa_{\text{г}} \kappa_{\text{в}}; \quad n = 3600/t_{\text{ц}}; \quad t_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{р}},$$

где n – число циклов в час; Q – номинальная грузоподъемность, т; $\kappa_{\text{г}} = 0,6 \dots 0,8$ – коэффициент использования подъемника по грузоподъемности; $\kappa_{\text{в}} = 0,5 \dots 0,9$ – коэффициент использования подъемника по времени; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла, с; $t_{\text{м}}$ – машинное время, затрачиваемое на вертикальное и горизонтальное перемещение грузонесущего органа, с; $t_{\text{р}}$ – время, затрачиваемое на ручные операции, включающие погрузку и разгрузку, с.

Для подъемников с жестким грузонесущим органом:

$$t_{\text{м}} = 2h/v,$$

с выдвижным:

$$t_{\text{м}} = (2h/v) + (2L/v_{\text{г}}),$$

где h и v – высота (м) и скорость (м/с) подъема и опускания груза; L и $v_{\text{г}}$ – длина пути (м) и скорость (м/с) перемещения груза в проем.

Ленточные фермоподъемники, широко применяемые при строительстве мостов, служат хорошим примером применения гидравлических домкратов, грузоподъемность которых определяет грузоподъемность подъемника и составляет 800...1000 т.

Фермоподъемник состоит из двух порталов 1 (рис. 4.20), каждый из которых имеет поддомкратную балку 2 с установленными на ней гидравлическими домкратами 7, на которые опирается наддомкратная балка 3. Сквозь поддомкратные и наддомкратные балки проходят стальные ленты 4; к лентам внизу крепится подъемная балка 5, на которой устанавливается поднимаемая ферма 6 или какая-либо другая конструкция. На ленте имеются отверстия, которые при подъеме поочередно совпадают с отверстиями в наддомкратных и поддомкратных балках. Подъем груза происходит следующим образом. При подъеме поршней домкратов поднимается наддомкратная балка вместе с закрепленными на ней лентами и грузом.

После подъема домкратов ленты соединяют с поддомкратными балками при помощи закладных валиков, затем освобождают крепление ленты с верхней наддомкратной балкой и опускают домкраты. После опускания домкратов вновь соединяют наддомкратную балку с лентой, освобождают крепление ленты с поддомкратной балкой и осуществляют подъем домкратов и т.д. Шаг отверстий в ленте выбирается таким образом, чтобы при подъеме отверстия в балках поочередно совпадали с отверстиями в лентах.

При эксплуатации гидравлических домкратов следует придерживаться следующих правил: домкраты устанавливать на плотное основание абсолютно горизонтально, чтобы при подъеме груза не возникли перекосы, приводящие к заеданию поршня; не поднимать поршень домкрата на высоту, превышающую паспортную, так как рабочая жидкость может порвать манжету и вывести домкрат из строя; не работать с домкратом без манометра или с неисправным манометром

Самоподъемные вышки, люльки и подмости широко применяют в городском строительстве на монтажных, отделочных и ремонтных работах с незначительными объемами. Они предназначены для подъема одного или нескольких рабочих с инструментом и небольшим количеством материалов.

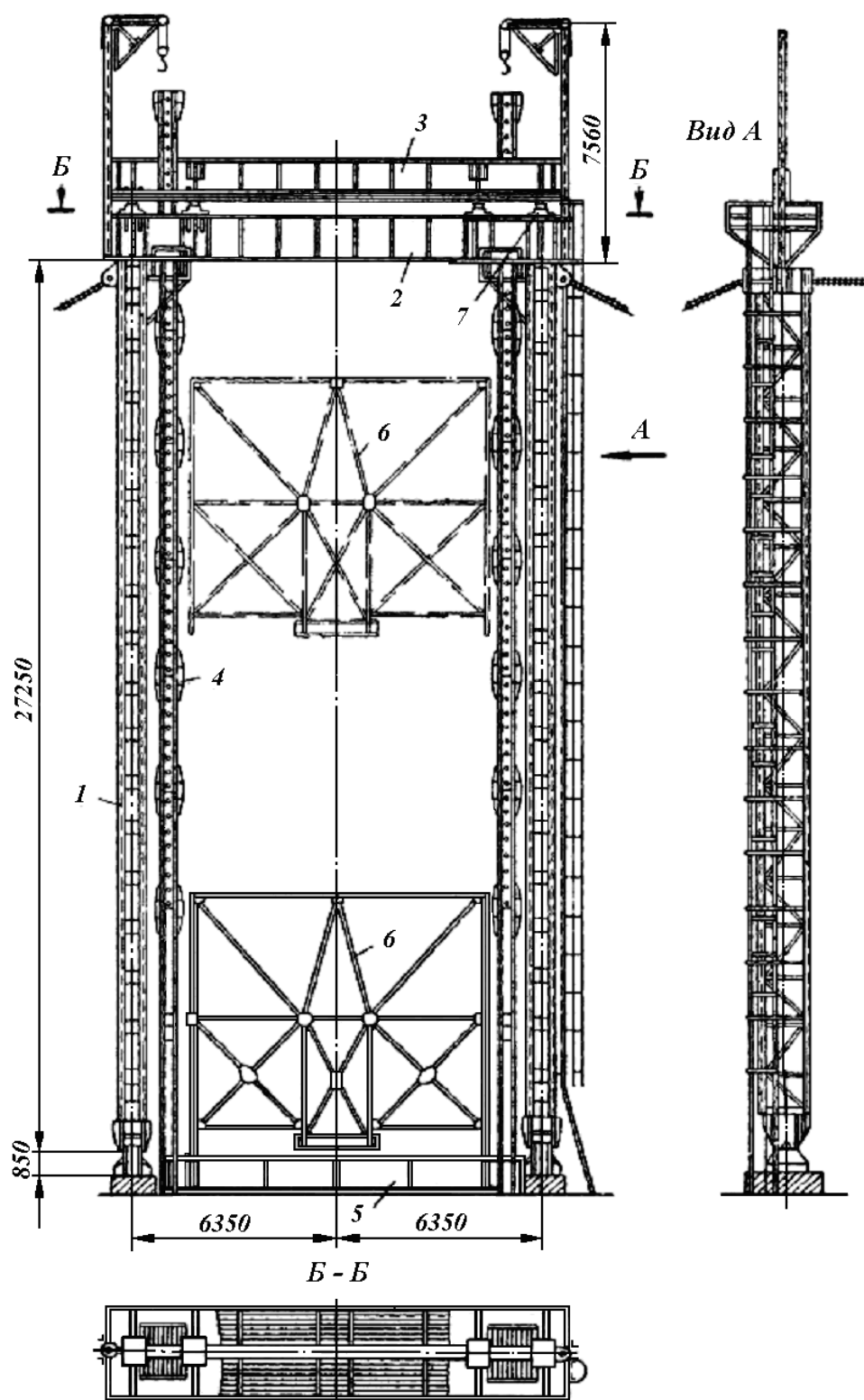


Рис. 4.20. Ленточный фермоподъемник

В вышках люлька или площадка, установленная в верхней части телескопических (рис. 4.21, а) или рычажных (рис. 4.21, б) подъемников, перемещается только по вертикали, а в рычажно-шарнирных (рис. 4.21, в), телескопических шарнирных (рис. 4.21, г) и телескопических рычажно-шарнирных (рис. 4.21, д) автогидроподъемниках они могут перемещаться в пространстве (и по вертикали и по горизонтали), а также ниже уровня стоянки машины, охватывая значительную зону обслуживания.

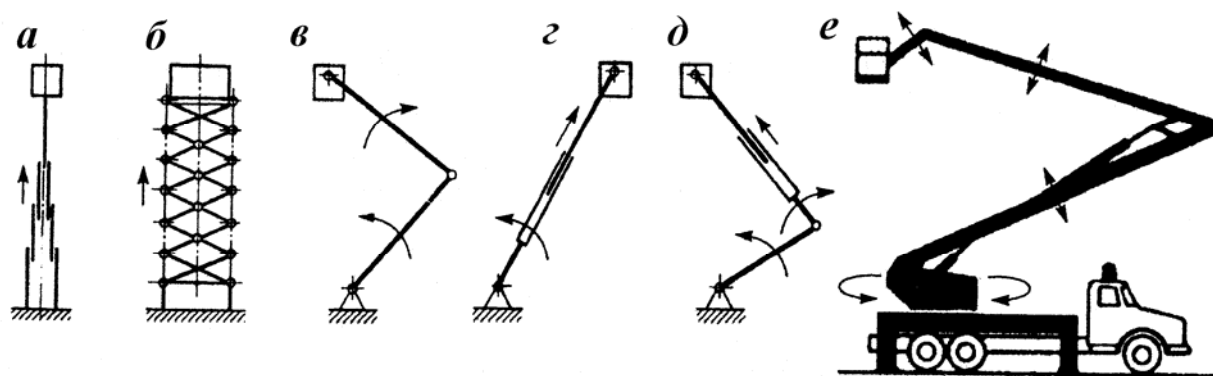


Рис. 4.21. Принципиальные схемы телескопических вышек и гидравлических подъемников

Автомобильный подъемник (рис. 4.22, а) состоит из базового автомобиля 1, коленчатой стрелы 3, шарнирно установленных одной или двух люлек 4, опорной стойки 2, поддерживающей стрелу при перебазировках, пульта управления 5, поворотной платформы 6, гидроцилиндра подъема стрелы 7 и выносных гидравлических опор 8, используемых при работе. Зона, обслуживаемая подъемником, показана на рис. 4.22, б.

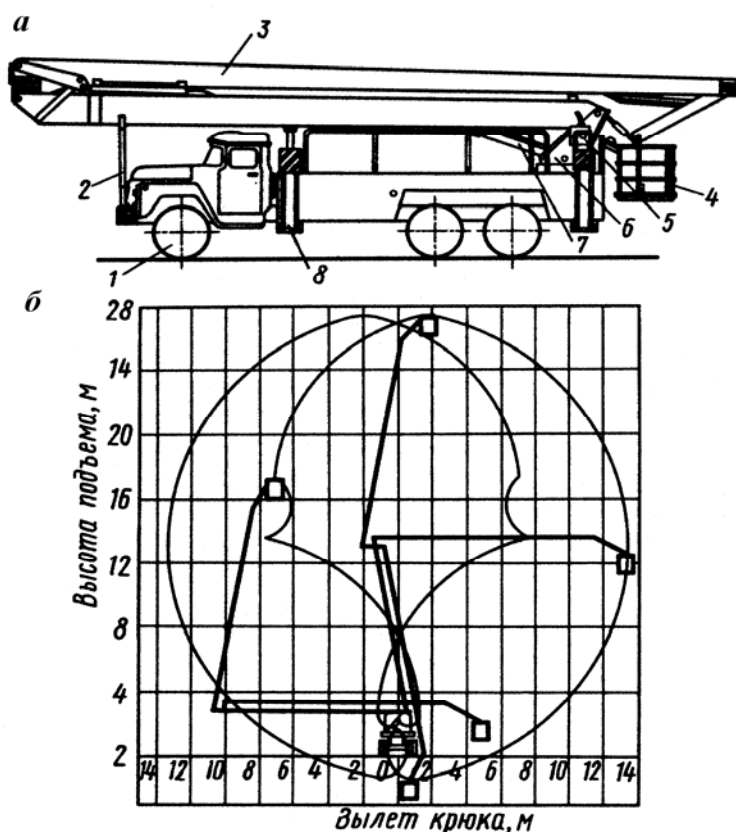


Рис. 4.22. Автомобильный гидравлический подъемник

Перемещение телескопических секций вышек и секций стрелы подъемников осуществляется с помощью гидроцилиндров, с использованием канатно-блочных систем (полиспастов) и комбинированным способом. Стрелы автогидроподъемников состоят из двух-трех шарнирно соединенных между собой управляемых секций, а телескопические вышки имеют до пяти секций в мачте. Известны комбинированные конструкции, состоящие из двухколенной стрелы с нижним трехсекционным телескопическим коленом и верхним, перемещаемым

в пространстве. Перемещение стрелы в пространстве осуществляется с помощью поворотного устройства, шарниров и телескопических устройств, а управление подъемниками – с пульта управления, расположенного на поворотной раме. Пульт дублируется в люльке подъемника. Для связи между рабочими, расположенными на высоте и на земле, устанавливается двустороннее переговорное устройство. Рабочие площадки имеют различную конструкцию и состоят из рифленого металлического пола, сплошного бокового ограждения по высоте не менее 100 мм для предотвращения падения инструмента и материалов, а также безопасного ограждения для рабочего. Горизонтальное ориентирование пола площадок осуществляется рычажными и канатно-блочными следящими системами.

Телескопические вышки имеют высоту подъема 12...26 м при грузоподъемности люльки 0,15...0,35 т, а автомобильные подъемники – высоту подъема до 37 м при грузоподъемности до 0,4 т. Некоторые подъемники можно использовать как стреловые краны, так как на оголовке нижнего колена стрелы предусмотрена установка крюка грузоподъемностью 1 т.

В период строительства многоэтажных зданий высотой более 16 этажей, а также при их эксплуатации возникает необходимость выполнения работ, включающих в себя уплотнение и заделку швов и трещин, очистку стекол и стен, окраску фасадов и т.д. Для выполнения этих работ применяют *самоподъемные подвесные на канатах люльки* (рис. 4.23), состоящие из огороженной площадки 4 с установленными на ней ручными или реверсивными электролебедками 2, ловителями 1 и электрооборудованием 3. Люльки обычно подвешивают на двух предохранительных и двух грузовых канатах. Грузовые канаты навиваются на один или два синхронно работающих барабана, поднимающих люльку с помощью блоков, установленных на рычагах, которые закреплены на крыше здания. Ловители надежно удерживают люльку от падения при возможном внезапном обрыве грузового каната. Эти люльки, имея длину платформы до 3,5 м, легко перемещаются на колесах вдоль фасада здания на новый участок работы. Грузоподъемность люлек до 300 кг при высоте подъема до 100 м и мощности электродвигателя до 1 кВт.

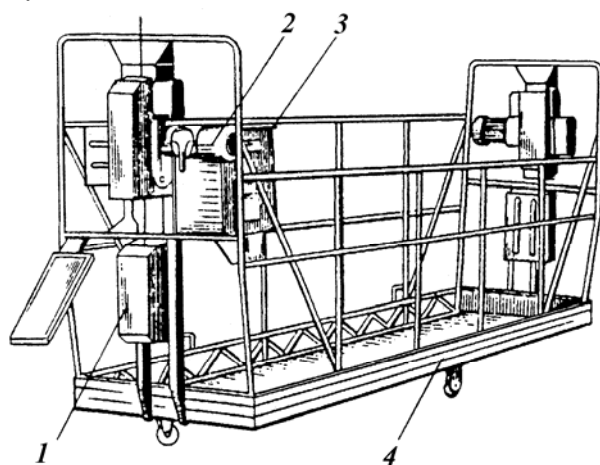


Рис. 4.23. Самоподъемная подвесная люлька

Однако рычаги и балласт противовеса приходится переносить вдоль крыши и с объекта на объект. Поэтому на зданиях большой высоты устанавли-

вают передвижные подъемники (рис. 4.24), на опорной раме которых монтируют стрелу 1, грузовую и стрелоподъемную лебедки. На стреле подвешена люлька 2, рассчитанная на подъем и работу в ней двух человек. Перемещение лебедки по плоской крыше осуществляется с помощью механизма передвижения по рельсам или на пневмоколесах. Изменение вылета позволяет регулировать расстояние от люльки до фасада при возможных углублениях и выступах на здании. Управление лебедками осуществляется из люльки через пульт управления. После окончания работы люлька поднимается на максимальную высоту и устанавливается на крышу здания.

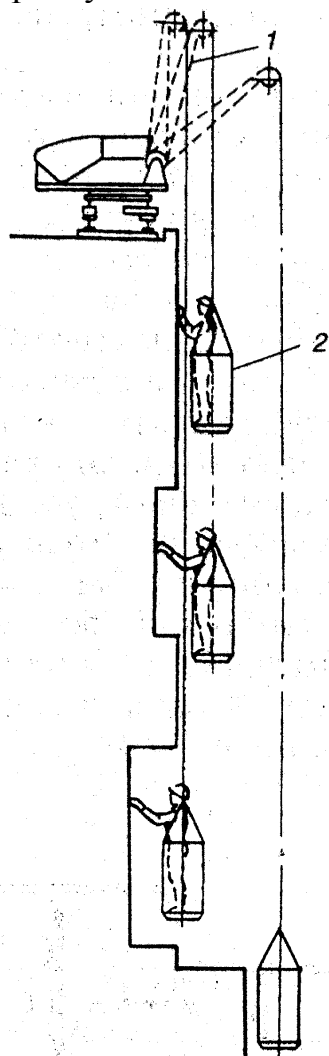


Рис. 4.24. Передвижной подъемник

Подмости представляют собой открытую, установленную на определенной высоте или вертикально перемещающуюся площадку для производства отделочных и монтажных работ в основном во внутренних помещениях общественных, производственных и других зданий. Их изготовляют в виде сборно-разборной или неразборной конструкции. Они могут быть неподвижными и выдвижными, стационарными и передвижными (самоходными и несамоходными). Передвижные самоподъемные подмости (рис. 4.25) состоят из опорной рамы 1, на которой установлен гидропривод 2 (электродвигатель, гидронасос, масляный бак и т.п.), рычажного устройства 4 и рабочей площадки 6. Подъем на высоту до 8 м и опускание площадки осуществляются телескопическими

гидроцилиндрами 5. Устойчивость подмостей обеспечивается винтовыми опорами 3. Грузоподъемность – 300 кг.

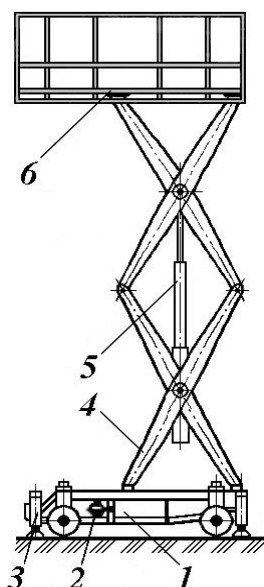


Рис. 4.25. Передвижные самоподъемные подмости

4.4. Строительные башенные краны

Башенные краны являются ведущими грузоподъемными машинами в жилищном и гражданском строительстве, так как они благодаря Г-образной форме могут быть установлены близко от строящегося объекта. Они обеспечивают вертикальное и горизонтальное транспортирование строительных конструкций, элементов зданий и строительных материалов непосредственно к рабочему месту в любой точке строящегося объекта. Темп строительства определяется производительностью башенного крана, существенно зависящей от скоростей рабочих движений.

Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменение вылета крюка с грузом, поворот стрелы в плане на 360° , передвижение самоходного крана. Отдельные движения (операции) могут быть совмещены, например, подъем груза с изменением его вылета. В общем случае каждый башенный кран – это поворотный кран с подъемной (рис. 4.26, а) или балочной (рис. 4.26, б) стрелой, шарнирно закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни.

К основным параметрам башенных кранов относятся (рис. 4.26):

вылет L – расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части крана до вертикальной оси крюковой подвески;

грузоподъемность Q – наибольшая допустимая масса груза, поднимаемого на соответствующем вылете;

грузовой момент M – произведение грузоподъемности Q на соответствующий вылет L (часто используется в качестве главного обобщающего параметра крана);

высота подъема H и глубина опускания h – расстояния по вертикали от уровня стоянки крана (головки рельса для рельсовых кранов, нижней опоры самоподъемного крана, пути перемещения пневмоколесных и гусеничных кра-

нов) до центра зева крюка, находящегося в верхнем или нижнем крайних рабочих положениях; диапазон подъема D – сумма высоты подъема H и глубины опускания h ;

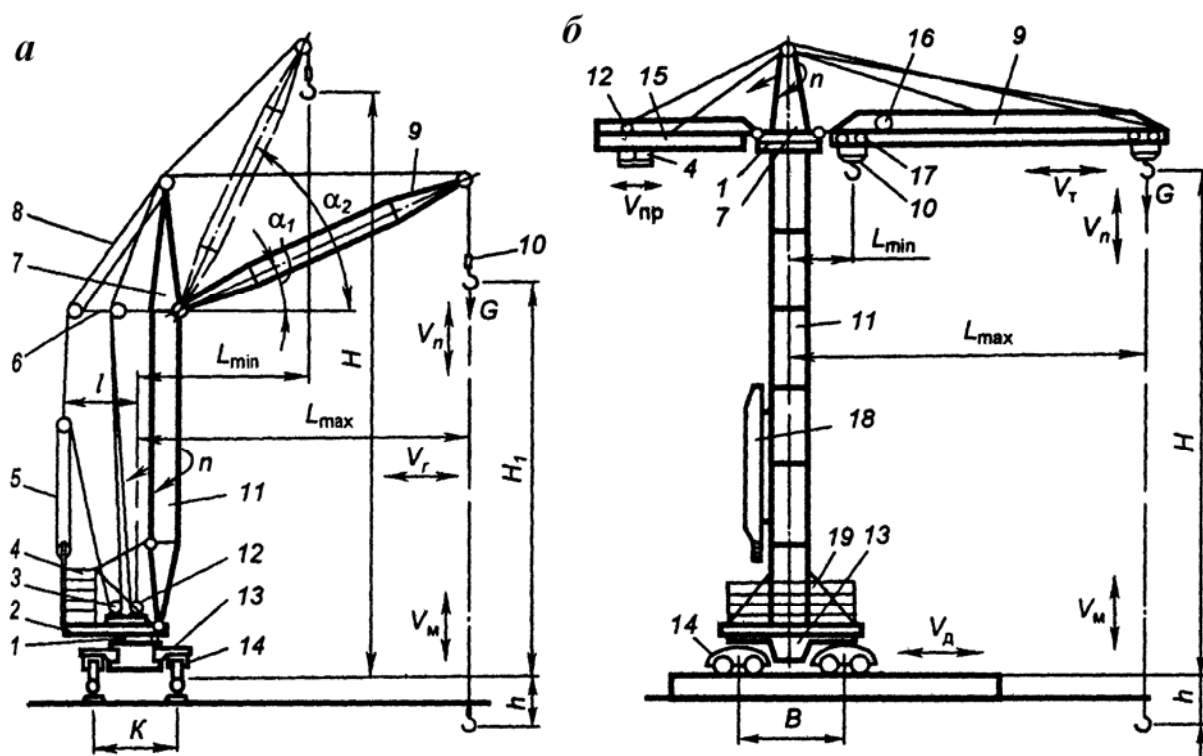


Рис. 4.26. Типы и параметры башенных кранов:

а – с поворотной башней; *б* – с поворотным оголовком

коля K – расстояние между продольными осями, проходящими через середину опорных поверхностей ходового устройства крана, измеряемое по осям рельсов у рельсовых кранов и по продольным осям пневмоколес или гусениц у автомобильных, пневмоколесных и гусеничных кранов; база B – расстояние между вертикальными осями передних и задних колес (у пневмоколесных и автомобильных кранов), ведущими и ведомыми звездочками гусениц (у гусеничных кранов) или ходовых тележек, установленных на одном рельсе (у рельсовых кранов);

наибольший радиус поворотной части (поворотной платформы крана с поворотной башней) со стороны противоположной стреле – l ;

скорость v_n подъема и опускания груза, равного максимальной грузоподъемности крана (при установке на кране многоскоростных лебедок указываются все скорости и массы грузов, соответствующие каждой скорости подъема и опускания);

v_m – наименьшая скорость плавной посадки груза при его наводке и монтаже;

частота вращения n поворотной части крана при максимальном вылете с грузом на крюке;

скорость передвижения крана v_d – рабочая скорость передвижения с грузом по горизонтальному пути;

скорость передвижения грузовой тележки v_r с наибольшим рабочим грузом по балочной стреле башенного крана;

скорость изменения вылета v_z стрелы (у кранов с подъемной стрелой) от наибольшего до наименьшего;

установленная мощность N_y (суммарная мощность одновременно включаемых механизмов крана);

наименьший радиус закругления R оси внутреннего рельса на криволинейном участке подкранового пути;

радиус поворота $R_{\text{п}}$ – наименьший радиус окружности, описываемой внешним передним колесом автомобильных или пневмоколесных кранов при изменении направления движения;

конструктивная масса m_k – масса крана без балласта, противовеса и съемных устройств в незаправленном состоянии;

общая (полная) масса крана m_o в рабочем состоянии;

нагрузка на колесо P_k – наибольшая вертикальная нагрузка на ходовое колесо при работе крана в наиболее неблагоприятном его положении;

допустимая скорость ветра v_b на высоте 10 м от земли для рабочего и нерабочего состояний, при которой кран сохраняет прочность и устойчивость в процессе эксплуатации.

Основные параметры базовых моделей передвижных на рельсовом ходу и приставных кранов регламентируются ГОСТ 13556-85.

Система индексации строительных башенных кранов представлена на рис. 4.27.

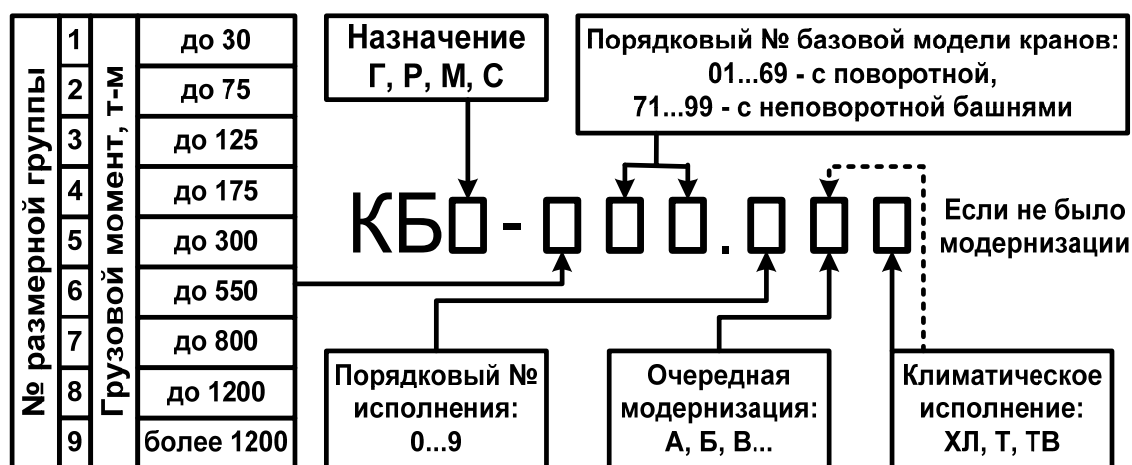


Рис. 4.27. Система индексации башенных кранов

В индекс крана входят буквенные и цифровые обозначения. Буквы перед цифрами обозначают: КБ – кран башенный для жилищного и промышленного строительства, складов и др., КБМ – кран башенный модульной системы, КБР – кран башенный для ремонта зданий, КБГ – кран башенный для гидротехнического строительства, КБС – самоподъемный. Цифры индекса последовательно обозначают: первая цифра – номер размерной группы, в том числе соответствующий номинальному грузовому моменту (тм), последующие две цифры – порядковый номер базовой модели. После точки указывается порядковый номер исполнения крана (0...9), который может отличаться от базовой модели длиной стрелы, высотой подъема, грузоподъемностью. В обозначении базовых моделей номер исполнения «0» обычно не ставится. Буквы (А, Б, В, Г...), стоящие в индексе после цифр, обозначают очередную модернизацию (изменение

конструкции без изменения основных параметров) и климатическое исполнение крана (ХЛ – для холодного, Т – тропического и ТВ – тропического влажного климата; для умеренного климата соответствующего буквенного обозначения нет).

Например, индекс крана КБ-405.1А расшифровывается – кран башенный, четвертой размерной группы, с поворотной башней, первое исполнение, первая модернизация, для умеренного климата.

Краны, выпущенные заводами Минстройдормаша до внедрения действующей индексации, а также краны, выпускаемые другими заводами, не имеют единой системы индексации. Например, индекс крана МСК-10-20 расшифровывается – мобильный складывающийся кран грузоподъемностью 10 т и вылетом 20 м.

Параметры основных моделей башенных кранов регламентированы ГОСТ 13556-89. Этим ГОСТом предусмотрена возможность наряду с изготовлением базовых моделей кранов серии КБ выпуска различных их исполнений, позволяющих существенно расширить область применения кранов. Исполнения кранов отличаются от базовой модели технической характеристикой (высотой подъема, длиной стрелы, максимальной грузоподъемностью, возможностью использования в различных ветровых районах и т.п.) и могут быть получены на основе базовой модели изменением количества секций башни, секций стрелы, оснащением различными крюковыми подвесками, грузовыми тележками и т.п.

Башенные краны классифицируют по назначению, конструкции башен, типу стрел, способу установки и типу ходового устройства.

По назначению различают краны для строительно-монтажных работ в жилищном, гражданском и промышленном строительстве, для обслуживания складов и полигонов заводов железобетонных изделий, для подачи бетона при возведении монолитных зданий и сооружений.

По конструкции башен различают краны с поворотной и неповоротной башнями. Башни кранов могут быть постоянной длины и наращиваемые.

У кранов с поворотной башней (рис. 4.26, а) опорно-поворотное устройство 1, на которое опирается поворотная часть крана, расположено внизу на ходовой раме крана или на портале. Поворотная часть кранов включает (за исключением кранов 8-й размерной группы) поворотную платформу 2, на которой размещены грузовая 12 и стреловая 3 лебедки, механизм поворота, противовес 4, башня 11 с оголовком 7, распоркой 6 и стрелой 9.

У кранов с неповоротной башней (рис. 4.26, б) опорно-поворотное устройство 1 расположено в верхней части башни. Поворотная часть таких кранов включает поворотный оголовок 7, механизм поворота, стрелу 9 и консоль (закреплена шарнирно) противовеса 15, на которой размещены лебедки и противовес 4, служащий для уменьшения изгибающего момента, действующего на башню крана. На ходовой раме 13 кранов с неповоротной башней уложены плиты балласта 19, а с боковой стороны башни расположены монтажная стойка 18 с лебедкой и полиспастом, предназначенная для поднятия и опускания верхней части крана при его монтаже и демонтаже. Ходовые рамы 13 опираются на

ходовые тележки 14, которые обеспечивают передвижение кранов по подкрановым путям.

Металлоконструкции башен и стрел кранов серии КБ выполняют сплошными трубчатыми или решетчатыми.

По типу стрел различают краны с подъемной, балочной и шарнирно сочлененной стрелами (рис. 4.28).

У кранов с подъемной стрелой (рис. 4.26, а, 4.28, а), к головным блокам которой подвешена крюковая подвеска 10 (грузозахватный орган крана), вылет изменяется поворотом стрелы в вертикальной плоскости относительно опорного шарнира с помощью стреловой лебедки 3, стрелового полиспаста 5 и стрелового расчала 8. У кранов с балочной стрелой (рис. 4.26, б, 4.28, б) вылет изменяется перемещением по нижним ездовым поясам стрелы грузовой тележки 17 с подвешенной крюковой подвеской. Перемещение грузовой тележки осуществляется с помощью тележечной лебедки 16 и каната.

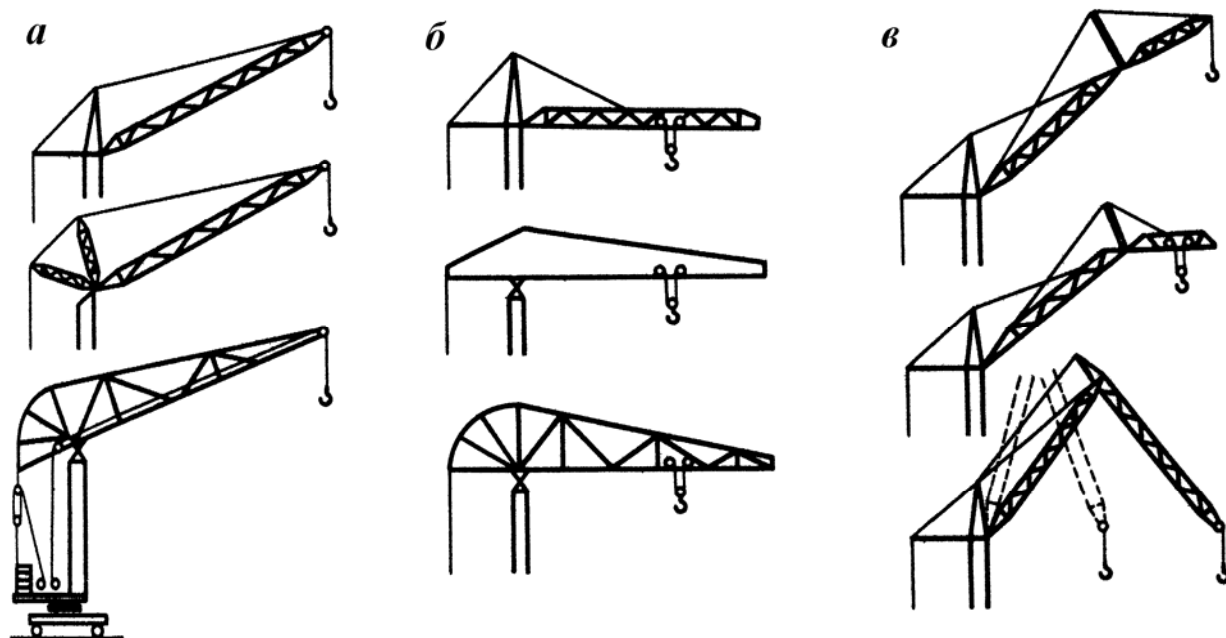


Рис. 4.28. Стрелы башенных кранов:
а – подъемные; б – балочные; в – шарнирно сочлененные

Краны с подъемной стрелой при одних и тех же параметрах (вылете, высоте подъема, грузоподъемности) на 15...20% легче кранов, оборудованных балочной стрелой, а также имеют более высокую грузоподъемность, возможность увеличения высоты подъема груза при уменьшении его вылета, хорошую маневренность в стесненных условиях строительной площадки, более технологичны в изготовлении, удобнее в монтаже и перевозке.

В отличие от кранов с балочными стрелами подъемные стрелы имеют и недостатки: отсутствие строго горизонтального перемещения груза при изменении вылета крюка (с применением при этом специальной запасовки канатов и дополнительных устройств); незначительная и неравномерная горизонтальная скорость перемещения груза при изменении вылета; незначительная зона обслуживания с одной стоянки, так как груз не может подводиться близко к башне крана (а грузовая тележка может перемещаться по всей длине балочной стрелы).

Для увеличения высоты подъема груза применяют различные виды комбинированных стрел (рис. 4.28, в) ломаной формы. На подъемных стрелах устанавливают дополнительные стрелы различной длины, так называемые «гуськи», которые могут быть выполнены в виде подъемной или балочной стрелы. В балочных стрелах головная секция по отношению к корневой может быть установлена во время работы горизонтально или наклонно под углом до 45° , а грузовая тележка может перемещаться по ним с грузом. Применение шарнирно соединенных стрел позволяет крану работать в больших диапазонах по вылету и высоте подъема крюка.

По способу установки краны разделяют на передвижные (рис. 4.29, в), стационарные (рис. 4.29, а) и самоподъемные (рис. 4.29, б).

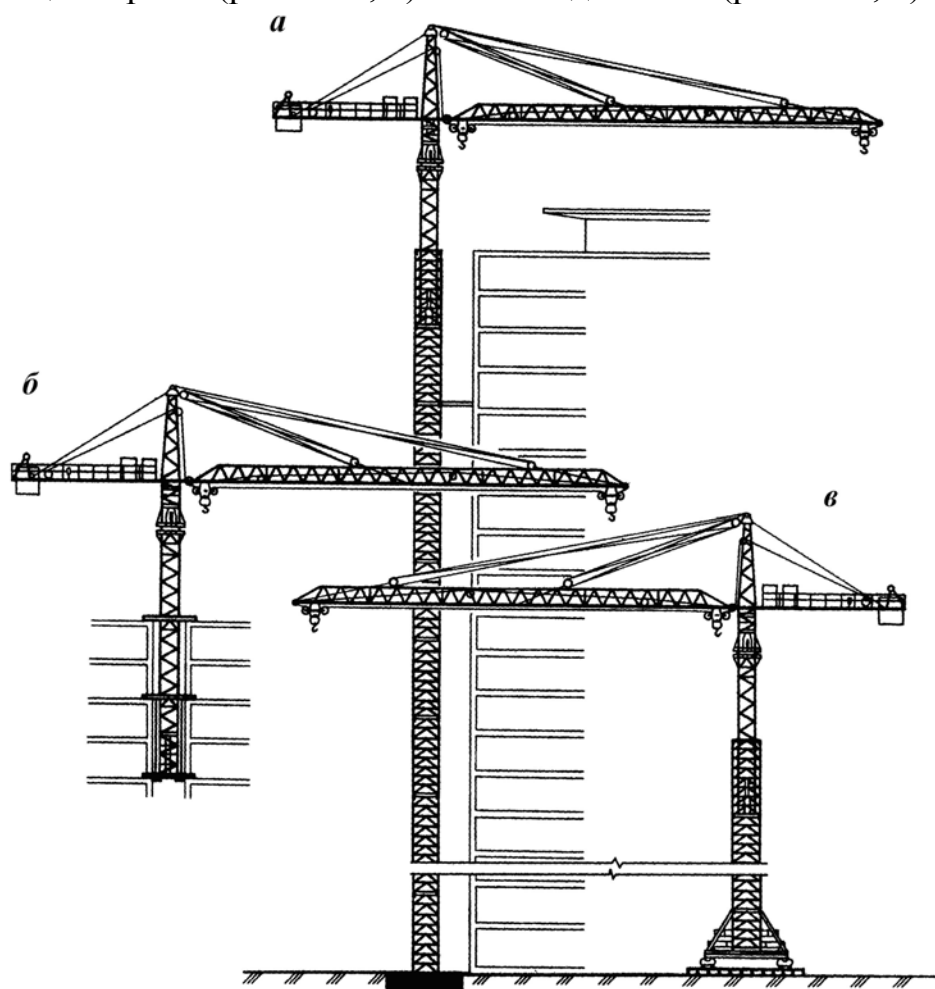


Рис. 4.29. Способы установки башенных кранов:

а – стационарные; *б* – самоподъемные; *в* – передвижные

Передвижные башенные краны по типу ходового устройства подразделяют на рельсовые, автомобильные, на специальном шасси автомобильного типа, пневмоколесные и гусеничные. Рельсоколесные краны наиболее распространены. Стационарные краны не имеют ходового устройства и устанавливаются вблизи строящегося здания или сооружения на фундаменте. При возведении зданий большой высоты передвижные и стационарные краны для повышения их прочности и устойчивости прикрепляют к возводимому зданию. Прикрепляемые к зданию стационарные краны называют приставными; прикрепляемые к зданию передвижные краны, работающие как приставные, называют универсальными. Самоподъемные краны применяют, в основном, на строительстве зданий и сооружений большой высоты, имеющих металлический или

железобетонный монолитный каркас, который служит их опорой. Перемещение самоподъемных кранов вверх осуществляется с помощью собственных механизмов по мере возведения здания.

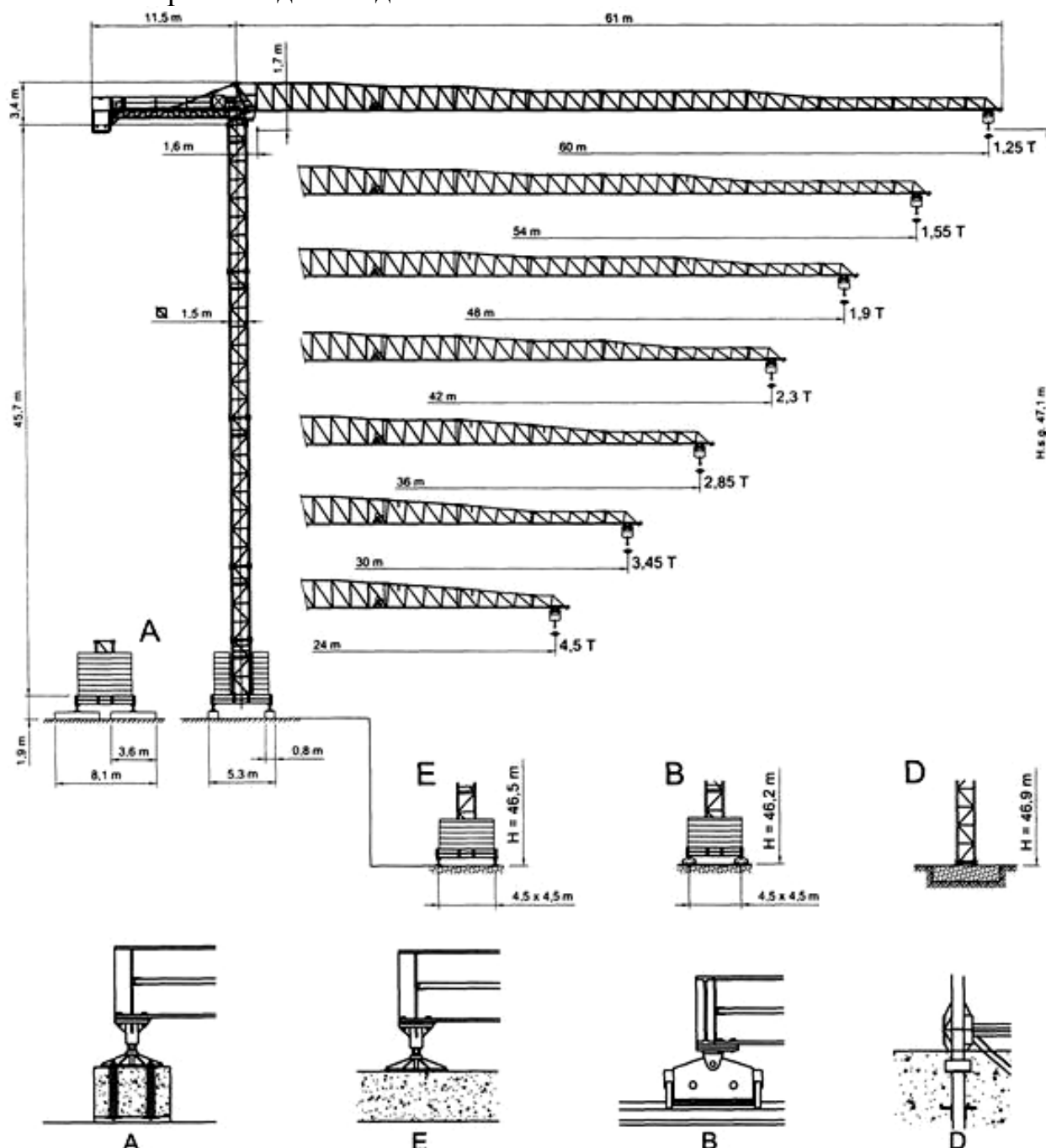


Рис. 4.30. Башенный кран фирмы Raimondi

В последнее время строительные организации приобретают зарубежные краны, стрелы и башни которых имеют самые разнообразные конструкции, повышающие маневренность кранов при их эксплуатации и облегчающие и ускоряющие их монтаж.

Эффективна конструкция крана, имеющего высоту оголовка равную высоте стрелы в корневой части. Первыми такие краны были созданы шведской фирмой Linden-Alimak еще в конце 70-х годов XX века. На этих кранах стрела и консоль противовеса крепились к башне шарнирно. В настоящее время краны с консольной стрелой выпускаются фирмами Liebherr, Raimondi, Potain,

Zappelin. На этих кранах к поворотной части жестко монтируется консоль противовеса, на которой шарнирно подвешивается стрела и крепится тягами к оголовку (рис. 4.30). Как правило, консольная стрела выполняется треугольного сечения (углом вверх), которое уменьшается к концу стрелы. Пояса и раскосы выполняются из труб. На первых кранах высота стрелы сохранялась постоянной, но менялось сечение поясов, при этом в нижних поясах менялось только сечение труб.

Для ускорения монтажа краны небольшой грузоподъемности могут выполняться с телескопическими стрелой и башней, которые в собранном виде складываются (рис. 4.31). Такие краны удобны для транспортировки по любым дорогам.

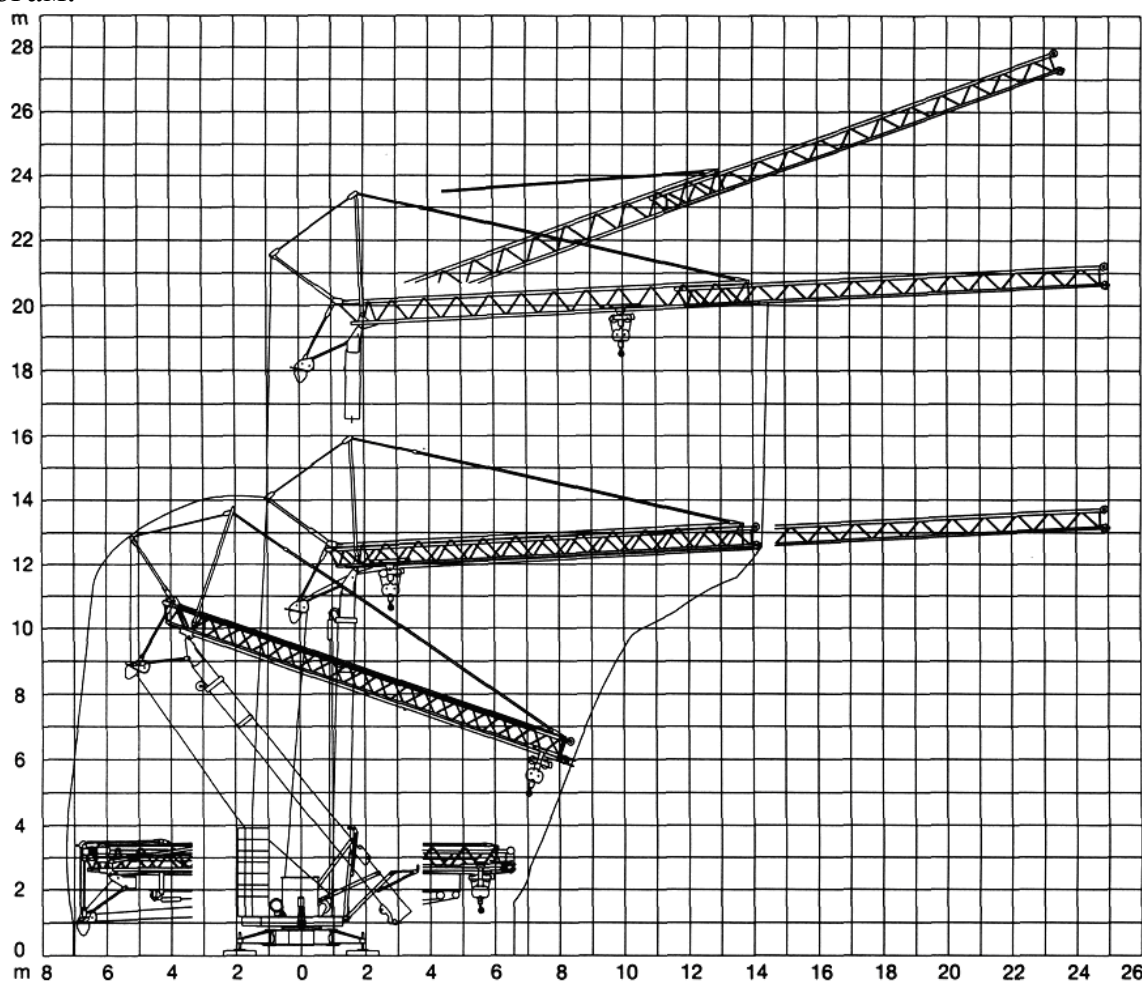


Рис. 4.31. Схема монтажа стационарно устанавливаемого башенного крана фирмы «Liebher» (максимальная грузоподъемность – 2,5 т, на максимальном вылете – 1 т)

Краны серии КБ имеют единую конструктивную схему. Они комплектуются унифицированными узлами и деталями, что облегчает их серийное производство, техническую эксплуатацию и ремонт. Краны серии КБ являются наиболее массовыми в нашей стране. Объем их производства превышает 80% всего выпуска башенных кранов. Характерными конструктивными достоинствами кранов типового ряда являются:

- высокая мобильность;
- использование электрического многомоторного привода переменного тока с питанием от электросети напряжением 220/380 В;

- максимальное использование унифицированных узлов и механизмов;
- применение устройств для плавной посадки грузов с малой скоростью, плавного пуска и торможения механизмов;
- схема запасовки канатов, обеспечивающая горизонтальное перемещение груза при изменении вылета подъемной стрелы;
- дистанционное управление из кабины изменением кратности полиспаста;
- возможность передвижения крана по криволинейным участкам подкрановых путей.

Все краны серии КБ (кроме приставных) выполнены передвижными преимущественно на рельсовом ходу.

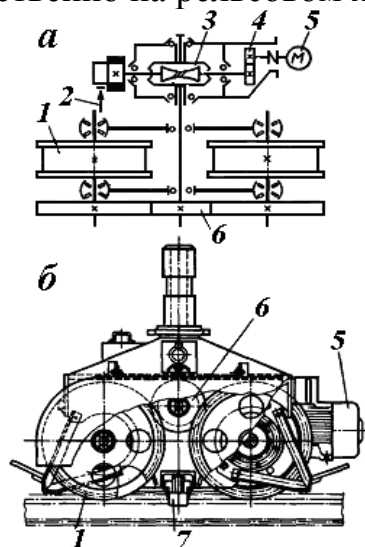


Рис. 4.32. Двухколесный механизм передвижения крана:

а – кинематическая схема; *б* – ходовая балансирующая тележка; 1 – ходовое колесо; 2 – тормоз; 3 – червячный редуктор; 4 – косозубая передача; 5 – электродвигатель; 6 – ведущая шестерня; 7 – рельсовый захват

Механизмы передвижения башенных кранов имеют различные исполнения. Их тип зависит от конструкции ходового оборудования. Опираемость кранов на рельсы осуществляется через ходовые колеса, число которых может быть от 4 до 32 в кранах с различными параметрами. Для того чтобы нагрузка воспринималась всеми колесами, в современных, особенно тяжелых, кранах ходовые колеса объединяют в балансирующие тележки (по два, три, четыре колеса). При наличии в кране балансирующих тележек две из них являются приводными (ведущими) и две – ведомыми. Для более плавного движения крана приводные тележки устанавливают на разных рельсах (одна напротив другой или по диагонали). При работе крана на путях с закруглениями обе ведущие тележки располагают на внешнем рельсе, обеспечивая тем самым плавность движения крана. Привод в тележках с разным числом колес может осуществляться как на одно, так и на два колеса. В кранах серии КБ привод имеет червячный редуктор со встроенным двигателем и открытой цилиндрической передачей (рис. 4.32).

Передвижные краны выпускают с поворотной и неповоротной башней, нижним и верхним расположением противовеса с подъемной и балочной стрелой. К унифицированным узлам и механизмам кранов относятся грузовые и стреловые лебедки, механизмы поворота и передвижения, опорно-поворотные устройства кабины, крюковые подвески и электрооборудование.

В механизмах поворота башенных кранов используют в основном двигатели с вертикальным расположением вала и цилиндрическими (рис. 4.33, *а*), червячными или планетарными (рис. 4.33, *б*) редукторами, на выходных валах

которых установлены шестерни, находящиеся в зацеплении с зубчатым венцом опорно-поворотного устройства. Торможение механизма поворота осуществляется с помощью одноступенчатого (автоматически при отключении электродвигателя), двухступенчатого (поочередное прижатие колодок к шкиву) или управляемого (педального) тормозов.

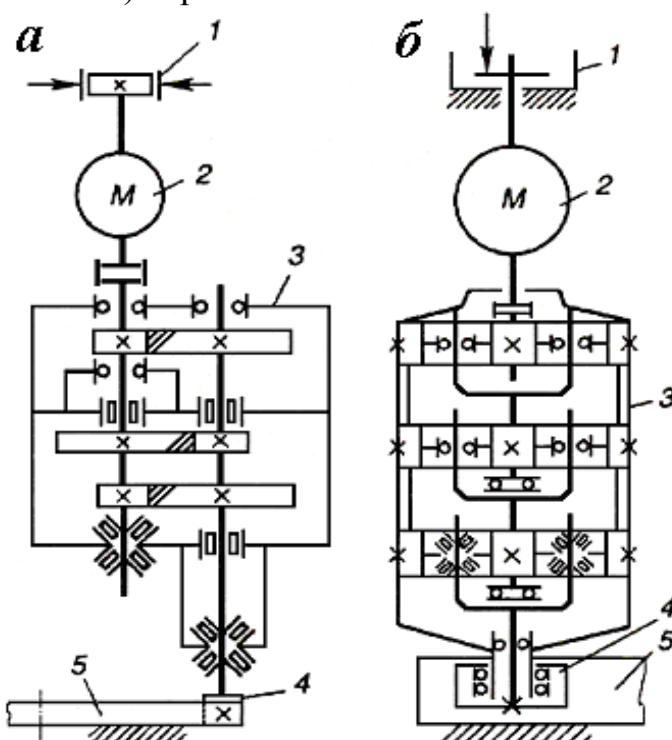


Рис. 4.33. Кинематические схемы механизмов поворота:

а — с цилиндрическим редуктором; *б* — с планетарным редуктором; 1 — тормоз; 2 — электродвигатель; 3 — редуктор; 4 — ведущая шестерня; 5 — венец

Кабины управления башенными кранами делят на встроенные (обычно внутри верхней части башни) и выносные (расположенные снаружи башни на портале или в верхней части крана). В кранах с поворотной башней их подвешивают ниже стрелы на правой боковой поверхности башни, а в кранах с поворотным оголовком устанавливают на поворотную раму или подвешивают к ней. Кабина может быть подвешена и к нижнему поясу балочной стрелы у места ее крепления, а также переставляться по высоте башни. Для кранов серии КБ выпускают унифицированные навесные кабины, разработанные с учетом максимальных удобств для машинистов во время работы. Управление работой крана может осуществляться по силовому или слаботочному кабелю, с выносного пульта или по радио. При работе самоподъемных, стационарных и приставных кранов на строительстве высоких зданий и сооружений используют лингафонную, телефонную и радиосвязь машиниста с такелажниками и монтажниками.

В настоящее время промышленностью серийно выпускаются башенные строительные краны серии КБ 3...6-й размерных групп с грузовым моментом от 100 до 400 тм.

Краны 3-й размерной группы максимальной грузоподъемностью 8 т снабжены подъемной или балочной с грузовой тележкой стрелами и применяются при возведении жилых, административных и промышленных зданий высотой до 9 этажей.

Краны 4-й размерной группы максимальной грузоподъемностью 8...10 т оборудованы подъемными стрелами (прямыми и с гуськом), балочными стрелами с грузовой тележкой и предназначены для выполнения строительно-монтажных работ на строительстве жилых, гражданских и промышленных зданий высотой до 12...16 этажей.

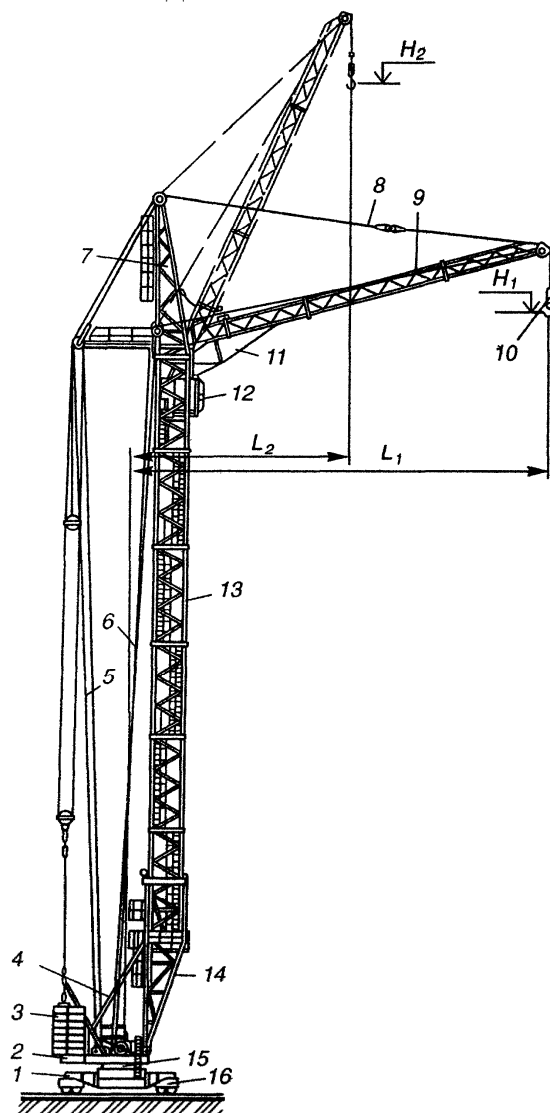


Рис. 4.34. Кран КБ 4-й размерной группы с поворотной башней и подъемной стрелой

Краны 5-й размерной группы грузоподъемностью 10 т предназначены для строительства крупнопанельных жилых зданий, уникальных зданий культурно-бытового назначения высотой до 75 м, а приставные краны КБ-581.04 (05) – до 170 м. Они оборудуются балочной стрелой, устанавливаемой горизонтально и под углом 30°.

Краны 6-й размерной группы оборудуются балочной стрелой с грузовой тележкой и предназначены для возведения жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений высотой от 12 до 40 м из объемных и тяжелых элементов массой от 2,5 до 25 т.

Монтаж современных кранов осуществляется собственными механизмами с участием одного и иногда двух стреловых самоходных кранов необходимой грузоподъемности.

На рис. 4.34 показан кран 4-й размерной группы с подъемной стрелой. Краны этой группы максимально унифицированы и оборудованы подъемными

и балочными стрелами. Они имеют однотипную конструкцию и представляют собой мобильные самоходные полноповоротные машины на рельсовом ходу с поворотной телескопической башней и нижним расположением противовеса.

Составными частями крана являются: ходовая кольцевая рама 1 коробчатого сечения, однорядное роlikовое опорно-поворотное устройство 15 с внутренним зубчатым зацеплением, поворотная платформа 2, портал 14, башня 13, головка 7, стрела 9, грузовой 6 и стреловой 5 канаты, расчал 8, крюковая подвеска 10, монтажное устройство, унифицированная кабина машиниста 12 и рабочие механизмы, противовес 3, электрооборудование, приборы безопасности и кабельный барабан. Четыре поворотных флюгера соединены с ходовой рамой шарнирно и располагаются по диагоналям с помощью трубчатых подкосов. Каждый флюгер опирается на унифицированную балансирную двухколесную тележку 16 грузоподъемностью 60...72 т. В комплект тележек входят две ведущие и две ведомые ходовые тележки, причем ведущие тележки располагаются на одном рельсе. При закруглении пути радиусом внутреннего рельса 7...10 м ведущие ходовые тележки располагаются на наружном рельсе, при радиусе внутреннего рельса более 10 м – на любом рельсе. Тележки опираются на подкрановые рельсы типа Р50. Колея и база кранов 4-й размерной группы по 6 м каждая. На ходовую раму через опорно-поворотное устройство опирается поворотная платформа, на которой установлены грузовая и стреловая лебедки, механизм поворота, шкафы электрооборудования, плиты противовеса. В передней части поворотной платформы с помощью кронштейнов шарнирно крепится портал башни.

Решетчатые башни кранов состоят из оголовка, верхней секции, промежуточных секций, портала и подвижной обоймы. Башни подрашчиваются снизу промежуточными секциями по мере возведения здания. Для подрашчивания промежуточных секций башни служит рычажный механизм выдвижения обоймы (монтажный параллелограмм), смонтированный в передней части платформы. В вертикальном положении башни удерживаются двумя телескопическими подкосами 4. Портал представляет собой две трехгранные фермы, соединенные в двух ярусах коробчатыми балками. На поясах портала смонтированы направляющие ролики, удерживающие башню в вертикальном положении при ее выдвижении. В верхнем ярусе на балках установлены четыре замка, предназначенные для посадки на них башни после ее выдвижения. Неподвижные блоки верхнего яруса портала совместно с блоками подвижной обоймы и монтажным канатом образуют монтажный полиспаст выдвижения башни крана. При выдвижении башни один конец монтажного каната крепится к верхней обвязке портала, другой закрепляется на барабане грузовой лебедки, с которого снят грузовой канат. Оголовок башни состоит из металлоконструкции, распорки с канатной оттяжкой и монтажной стойки с оттяжкой для подъема стрелы в рабочее положение. Сверху на оголовке установлено два блока стрелового расчала и блоки грузового каната.

Подъемная стрела 9 крана решетчатая трехгранного сечения, выполненная из труб, подъем и опускание которой при изменении вылета осуществляется стреловой лебедкой через стрелоподъемный полиспаст 8. В корневой секции

стрелы подвешена снизу распорка с канатными $1/1$ тягами, которая предохраняет стрелу от запрокидывания при обрыве каната на минимальных вылетах.

К унифицированным механизмам кранов относятся стреловая, грузовая и тележечная лебедки, опорно-поворотное устройство и механизм передвижения.

Краны оборудуют одно- и двухдвигательными грузовыми лебедками. Основной электродвигатель двухдвигательной лебедки предназначен для подъема (опускания) грузов наибольшей массы, вспомогательный электродвигатель — для подъема (опускания) грузов наименьшей массы, крюковой подвески и обеспечения посадочной скорости.

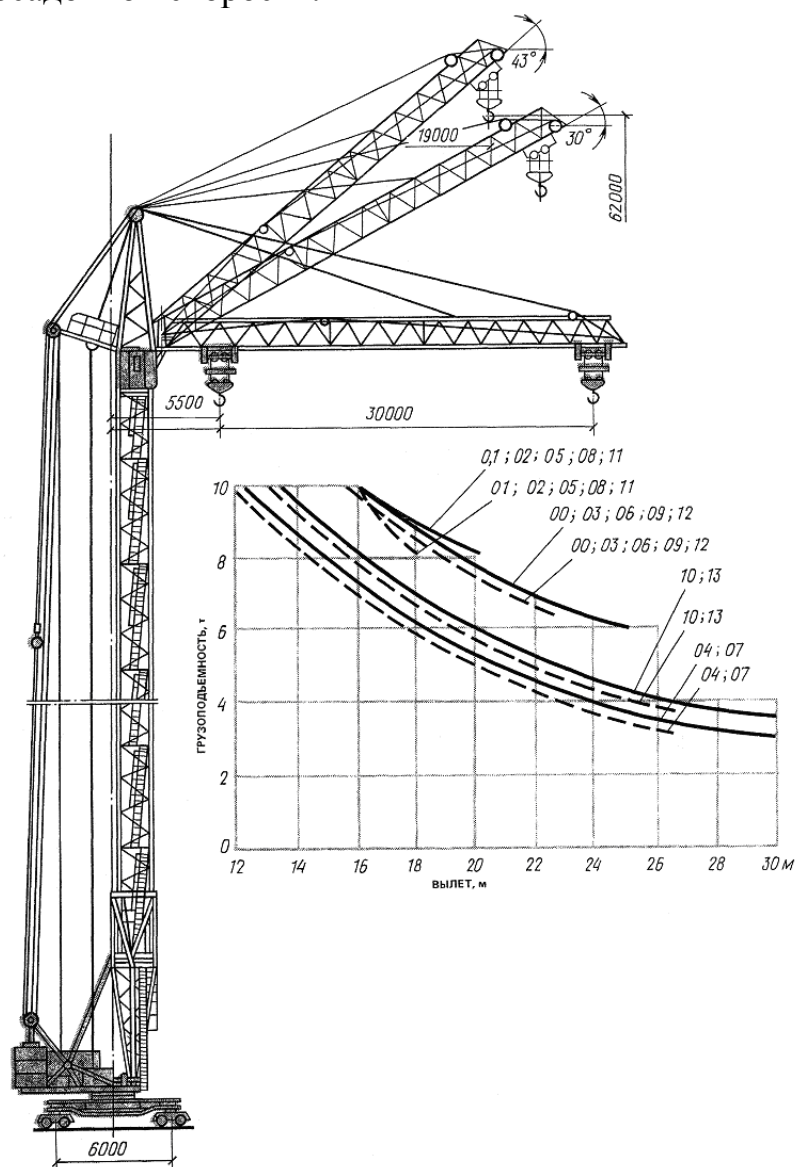


Рис. 4.35. Башенный передвижной кран КБ-408 и его грузовая характеристика:
00...13 — исполнения; пунктиром показаны характеристики при стреле под углом 30°

Стреловые лебедки отличаются от грузовых отсутствием вспомогательного двигателя. Лебедки для перемещения грузовой тележки включают электродвигатель, колодочный тормоз, редуктор и нарезной барабан. Отключение привода лебедки в крайних положениях тележки осуществляется конечными выключателями.

Механизм поворота состоит из вертикального трехступенчатого редуктора, фланцевого электродвигателя и специального колодочного тормоза. Тормо-

жение осуществляется в три этапа: в режиме свободного торможения; в режиме динамического торможения; окончательное затормаживание механизма поворота.

Кран КБ-408 (рис. 4.35) грузоподъемностью 10 т с балочной стрелой имеет 13 исполнений, различающихся вылетом (20, 25 и 30 м), высотой подъема и грузоподъемностью на наибольшем вылете. Балочная стрела может быть установлена под углом 30° (с перемещением грузовой каретки) и 43° (с закрепленной кареткой). Максимальная глубина опускания крюка 30 м.

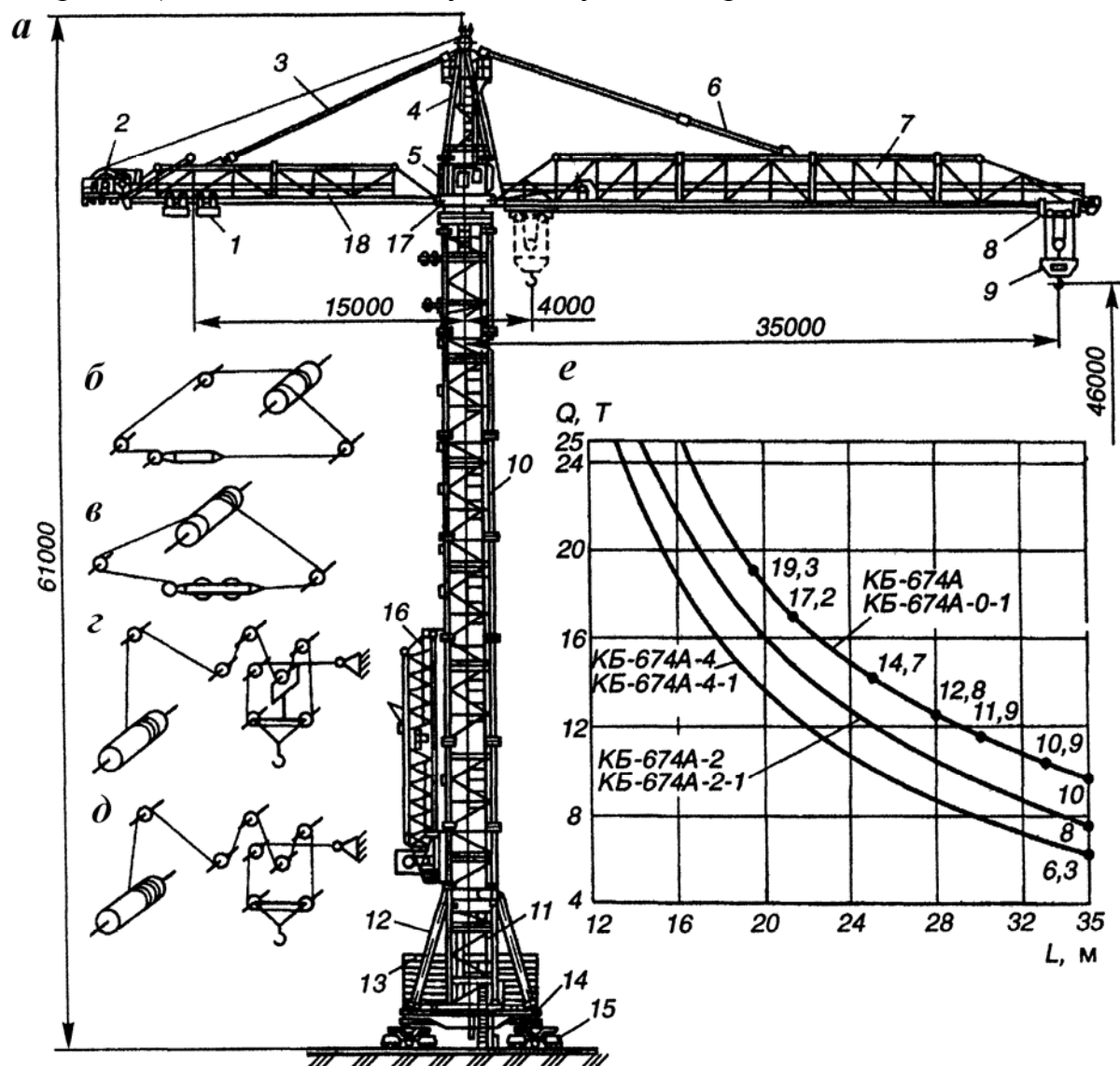


Рис. 4.36. Кран КБ 6-й размерной группы с неповоротной башней и горизонтальной балочной стрелой: а – схема крана; схемы запасовки канатов: б – перемещения противовеса; в – перемещение каретки; г – подъема груза при четырехкратном полиспасте; д – то же, при двукратном полиспасте; е – график грузоподъемности

На рис. 4.36. показана базовая модель кранов 6-й размерной группы. Эти краны имеют более десятка исполнений, отличающихся грузоподъемностью, высотой подъема крюка и вылетом. Базовый кран и его исполнения выполнены полноповоротными с неповоротной башней, поворотной головкой и горизонтальной балочной стрелой с грузовой тележкой. Эти краны состоят из ходовой рамы 14 с ходовыми тележками 15, башни 10 с подкосами 12, поворотного оголовка 4, опорно-поворотного устройства 17, стрелы 7, грузовой тележки 8 с

крюковой подвеской 9, противовесной консоли 2 с противовесом 7, оттяжек 3 и 6 консоли и стрелы, кабины управления 5, подъемника 11 для машиниста, монтажной стойки 16, приспособления для заводки секций, приспособления 18 для монтажа и демонтажа настенных опор, унифицированных механизмов, электрооборудования и кабельного барабана. Ходовая рама кранов опирается на четыре сдвоенные унифицированные ходовые приводные тележки. Две тележки, расположенные по диагонали, имеют по два привода, две другие – по одному. Тележки могут поворачиваться на 90° при переводе крана на перпендикулярные пути. На раму с одной стороны асимметрично укладываются плиты 13 балласта, с другой – крепится на четырех фланцах неповоротная башня. Количество плит балласта меняется в зависимости от исполнения крана. Башни кранов опираются непосредственно на ходовую раму и смещены на 2,5 м от оси крана в сторону здания. Башни имеют квадратное сечение, выполнены решетчатыми из труб и состоят из основания в виде пространственной фермы, шарнирной рамы, короткой нижней секции, промежуточных рядовых секций, верхней секции, неповоротной и поворотной кольцевых рам, шарикового опорно-поворотного круга, двух механизмов поворота и оголовка. Количество рядовых секций, имеющих длину 6 м, зависит от исполнения крана по высоте. Неповоротная рама крепится к верхней секции башни и через опорно-поворотный круг соединяется с поворотной рамой и оголовком башни с подвешенными на них стрелой и противовесной консолью. На поворотной раме установлены два одинаковых механизма поворота, выходные шестерни которых находятся в зацеплении с цевочным венцом опорно-поворотного круга, снабженного ограничителем поворота. Механизм поворота состоит из вертикального планетарного трехступенчатого редуктора и фланцевого электродвигателя со встроенным в его корпус дисковым тормозом.

Внутри башни смонтирован подъемник машиниста, включающий лебедку, размещенную в верхней секции, кабину, движущуюся по направляющим вдоль башни, устройство для укладки кабеля, верхнюю и нижнюю посадочные площадки с дверьми.

С боку башни расположена передвижная монтажная стойка трехгранного сечения, используемая при монтаже и демонтаже крана.

Стрелы кранов – балочные, треугольного сечения с основанием, опущенным вниз, состоят из корневой, головной и рядовых промежуточных секций, грузовой тележки, передвигающейся по нижним поясам стрелы, и тяговой тележечной лебедки, размещенной внутри стрелы. На основной секции стрелы смонтированы отводные блоки грузового и тягового канатов.

Исполнения стрелы отличаются применением тележек различной грузоподъемности и длиной за счет изменения количества рядовых секций. В зависимости от исполнения кранов применяются грузовые тележки различной грузоподъемности (12,5 и 25 т) и стрелы различной длины (35, 50 и 66 м). Грузовые тележки грузоподъемностью 12,5 т имеют два грузовых блока и четыре одиночных ходовых катка. Тележки грузоподъемностью 25 т опираются на восемь катков, соединенных попарно на балансирных подвесках, и имеют три грузовых блока. У тележки грузоподъемностью 25 т кратность полиспаста из-

меняют присоединением дополнительного блока либо к грузовой тележке, либо к крюковой подвеске. Для автоматического уменьшения скорости грузовых тележек при подходе к крайним положениям, а также ограничения передвижения тележек служат два концевых выключателя.

Противовесные консоли представляют собой фермы треугольного сечения и по конструкции аналогичны стрелам. По нижним поясам консоли размещаются тележки с плитами противовеса. Тележки соединяются между собой тягами. Количество тележек и плит устанавливается в зависимости от исполнения крана. На консоли размещаются грузовая лебедка и лебедка передвижения тележек противовеса и установлены три конечных выключателя, два из которых ограничивают в крайних положениях передвижение тележек противовеса, а третий фиксирует их рабочее положение.

К унифицированным механизмам кранов относятся механизмы поворота и передвижения крана, лебедки – грузовая, передвижения грузовой тележки, передвижения тележек противовеса, монтажная и специального подъемника. Приводы грузовой лебедки, механизма поворота и лебедки передвижения грузовой тележки обеспечивают регулирование скоростей этих механизмов в широком диапазоне.

Монтаж и демонтаж кранов осуществляются собственными механизмами и стреловым самоходным краном грузоподъемностью 25 т. Для подъема и опускания верхней части крана при монтаже и демонтаже секций башни служит монтажная стойка, состоящая из стойки, лебедки, площадок, обойм полиспаста, блока и катушки. При монтаже или демонтаже стойка крепится на секциях башни в специальных кронштейнах. Стойка состоит из трехгранной фермы, имеющей внизу портал, в котором располагается монтажная лебедка.

В настоящее время готовится выпуск башенных кранов нового поколения – кранов модульной системы КБМ с грузовым моментом от 100 до 400 тм и числом исполнений от 21 до 47.

Строительство зданий повышенной этажности привело к созданию кранов с увеличенной высотой подъема груза. Кран КБ-515 (рис. 4.37) при максимальном вылете имеет высоту подъема 72,1 м, а максимальная высота подъема, в зависимости от исполнения, составляет 90,2...95,2 м. На предприятии ЗАО «МАШСТРОЙИНДУСТРИЯ» изготовили кран КБ-585 для строительства зданий и сооружений высотой до 160 м, с вылетом стрелы 60 м и максимальной грузоподъемностью 10 т.

Краны модульной системы (рис. 4.38) имеют унифицированные узлы-модули (механизмы, кабину, опорно-поворотное устройство, секции башен и стрел). При этом механизмы, кабина, опорно-поворотное устройство унифицированы по всему типоразмерному ряду, а металлоконструкции кранов – по всем исполнениям внутри данного типоразмера. Варьируя число модулей секций башен и стрел, можно из одинаковых узлов-модулей получать различные исполнения крана, отличающиеся грузовыми, скоростными и высотными характеристиками, вылетом и типом стрелы. Внедрение кранов модульной системы позволило:

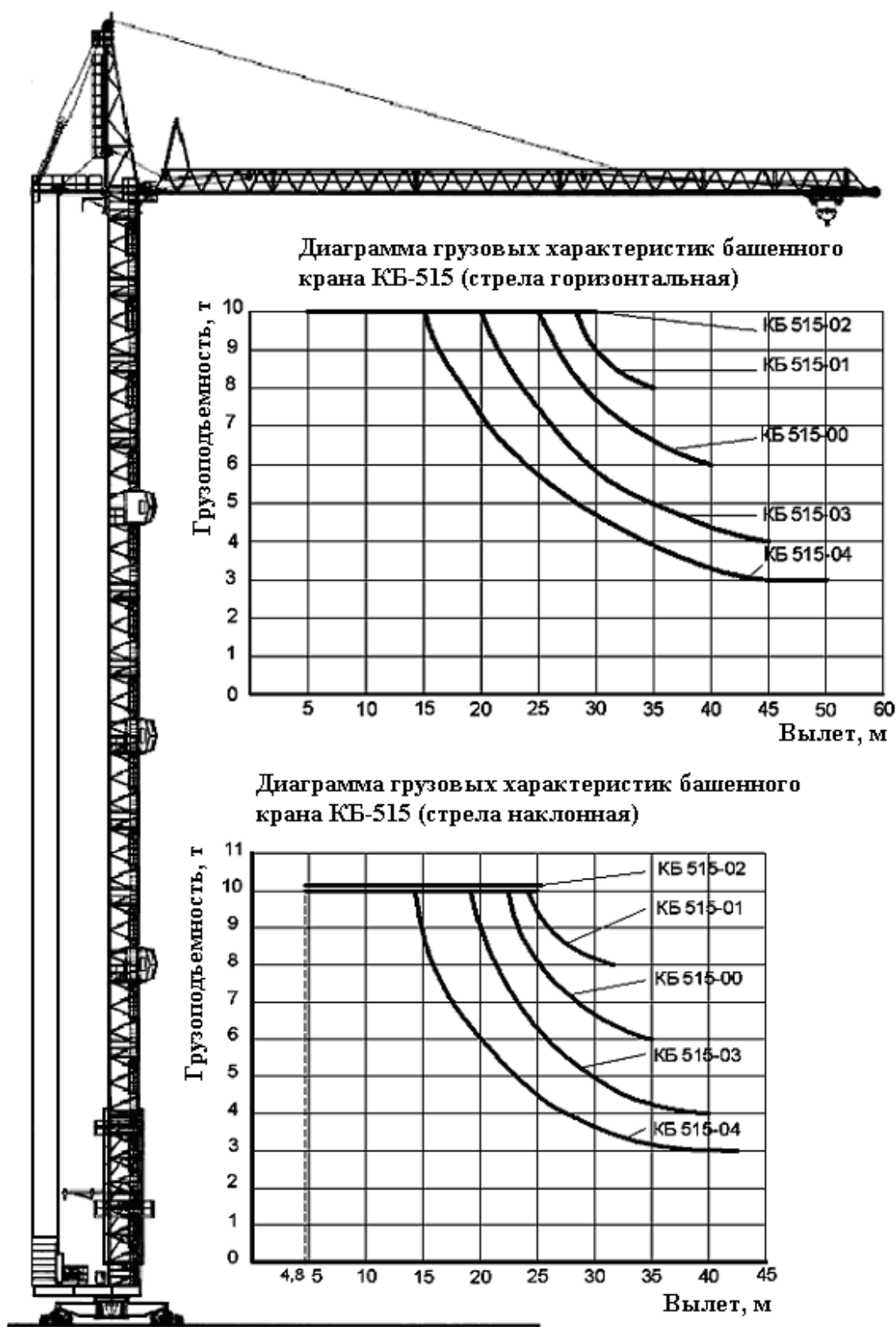


Рис. 4.37. Башенный кран КБ 515 для строительства зданий повышенной этажности

1) снизить трудоемкость проектирования (в том числе ускорило проведение трудоемких расчетов за счет применения разработанных программ на ЭВМ);

2) снизило стоимость изготовления (за счет значительного увеличения выпуска изделий одного типоразмера при уменьшении потребности в производственных площадях и применяемом оборудовании) и эксплуатации (за счет

уменьшения числа типоразмеров кранов, более широкого использования агрегатного ремонта, сокращения поставок неиспользуемых секций башен и стрел и т.п.);

3) обеспечило высокопроизводительными кранами строительство любых объектов.

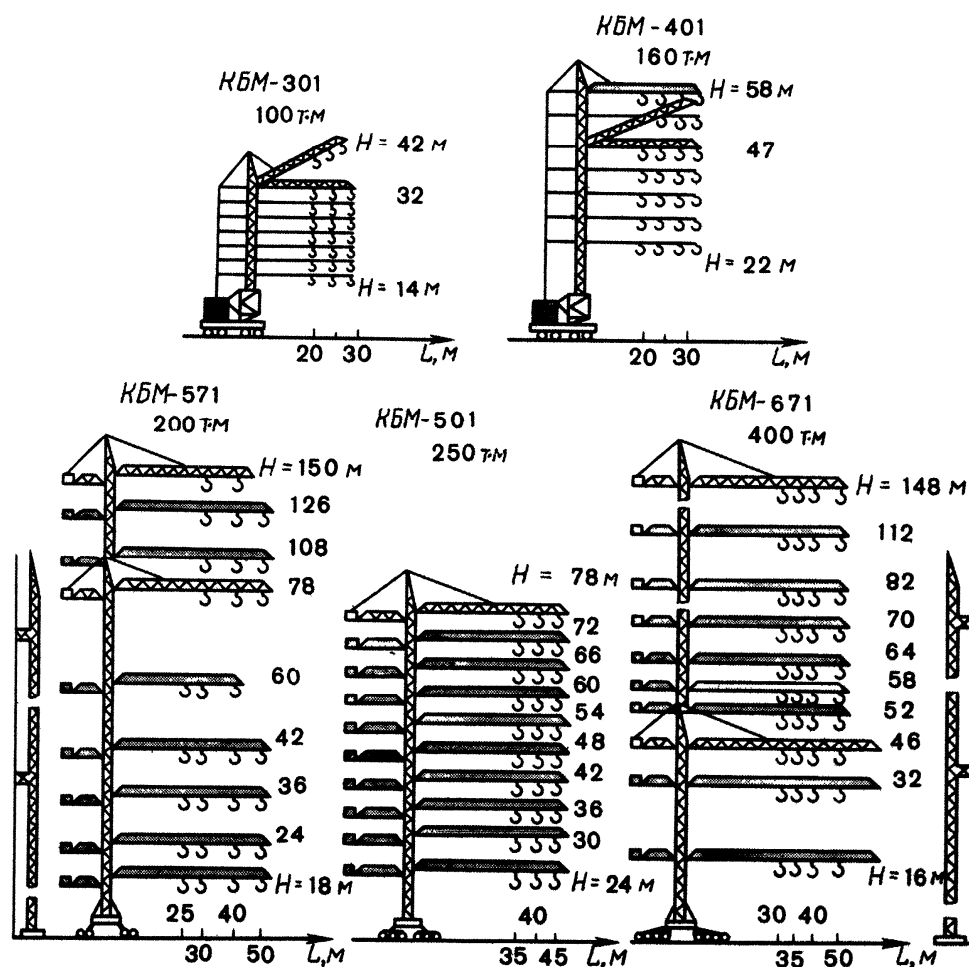


Рис.4.38. Краны модульной системы КБМ

Самоподъемные башенные краны. В последнее время все больше возводится зданий повышенной этажности с использованием самоподъемных башенных кранов, опирающихся на элементы возводимых зданий. Это позволяет значительно повысить эффективность строительно-монтажных работ, снизить стоимость строительства. При возведении монолитных зданий самоподъемные краны опираются на специально предусмотренные окна в стенах лифтовой шахты и по мере роста здания поднимаются по ней. В сборных зданиях с металлическим или железобетонным каркасами для опирания самоподъемного крана используют ячейки каркаса.

Применение самоподъемных кранов позволяет возводить здания в стесненных условиях и на косогорах, строительство зданий со сложной конфигурацией в плане. Самоподъемные краны изготавливают с использованием унифицированных узлов серийно выпускаемых башенных кранов.

На рис 4.39 показан самоподъемный башенный кран четвертой размерной группы с балочной стрелой и грузовым моментом 160 тм. Кран оборудован гидравлическим механизмом выдвижения башни.

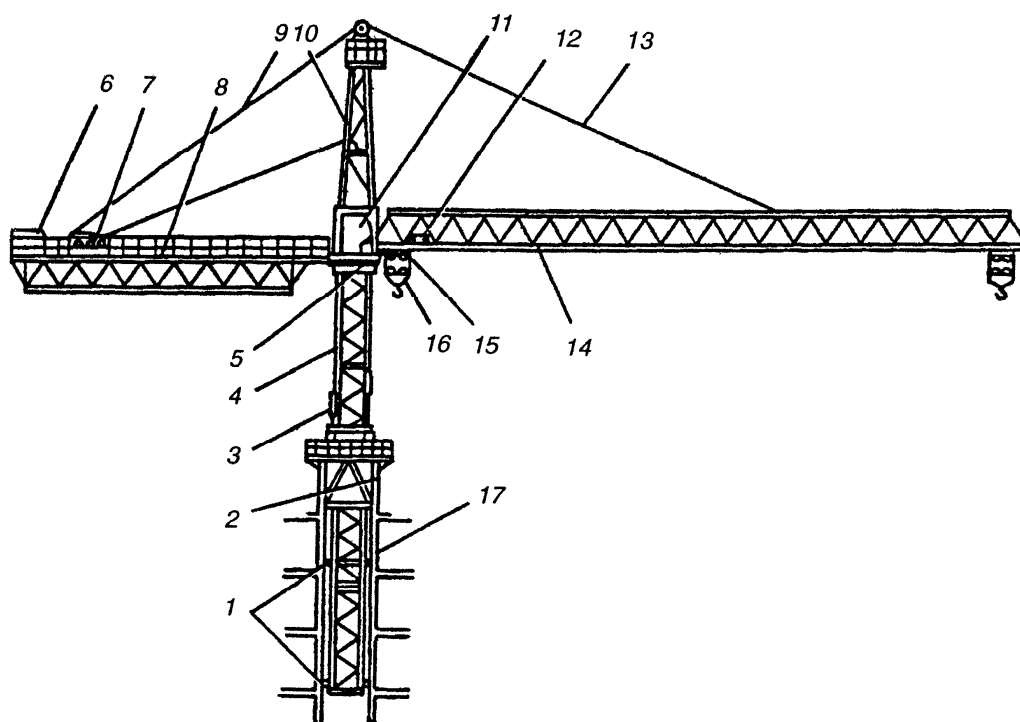


Рис. 4.39. Самоподъемный башенный кран

Башня 4 крана опирается на нижнюю секцию с элементами 1 опирания крана в окна лифтовой шахты 17. В верхней части башни смонтировано опорно-поворотное устройство 5, состоящее из неповоротной рамы, поворотной платформы, роликового опорно-поворотного круга и механизма поворота. К поворотной платформе шарнирно крепятся противовесная консоль 8 балочного типа и одноподвесная балочная стрела 14 трехгранной (в сечении) формы. Консоль и стрела подвешены соответственно на расчалах 9 и 13. На консоли 8 смонтированы грузовая лебедка 7 и плиты противовеса 6. В корневой части стрелы установлена лебедка 12 передвижения грузовой тележки 15 с крюковой подвеской 16. К верхней части поворотной платформы крепится оголовок 10 с проушинами для крепления расчалов стрелы и консоли противовеса. К поворотной платформе крепится кабина управления 11.

Выдвижная обойма 2 представляет собой решетчатую трубчатую металлоконструкцию квадратного сечения. К верхней части обоймы присоединены штоки четырех гидроцилиндров 3, служащих для выдвижения башни относительно обоймы, а также движения обоймы относительно башни. В нижней части обоймы установлены фланцы для опирания на торец лифтовой шахты. Кран опирается в окна лифтовой шахты на двух уровнях на расстоянии двух этажей. Башня крана свободно перемещается внутри лифтовой шахты. Две нижние секции башни имеют в основании направляющие для упоров, выдвигаемых в окна лифтовой шахты. На поясах башни по диагоналям приварены упоры для самоподъема и опускания (при демонтаже). Каждый упор представляет собой поршень, задвигаемый вручную в направляющую трубу. Поршень фиксируется в направляющей трубе башни специальным стержнем. Процесс подъема крана в шахте лифта состоит из следующих последовательно выполняемых операций: опирание обоймы на лифтовую шахту, подъем крана в рабочее положение, закрепление крана в шахте лифта.

Гидрооборудование крана обеспечивает вертикальное перемещение башни (подъем и опускание) внутри лифтовой шахты. Гидросистема включает насосную станцию с электроприводом, четыре гидроцилиндра и дистанционный (выносной) пульт управления. Гидроцилиндры установлены рядом с вертикальными поясами башни и соединены с ней попарно по диагонали. Для безопасности работы каждый гидроцилиндр снабжен гидрозамком и управляемым обратным клапаном.

Монтаж самоподъемного крана осуществляется стреловым самоходным краном грузоподъемностью не менее 25 т. Затем самоподъемный кран монтирует вокруг себя полутюбинги лифтовой шахты или сооружает монолитную лифтовую шахту, после чего возводит первый этаж. Далее самоподъемный кран возводит второй, третий и четвертый этажи.

После возведения четырех этажей здания и сооружения лифтовой шахты 5-го этажа выдвижная обойма с помощью гидроцилиндров опускается на торец лифтовой шахты 5-го этажа; включением двух диагонально расположенных гидроцилиндров нагрузка снимается с нижней секции башни и передается на торец лифтовой шахты. Затем отстыковывается башня от нижней секции, закрепленной на анкерных болтах, теми же двумя гидроцилиндрами кран приподнимается вдоль ствола лифтовой шахты до совпадения выдвижных опорных балок с окнами лифтовой шахты на 1-м и 3-м этажах. Опорные балки выдвигаются в окна лифтовой шахты и закрепляются в них. Таким образом кран устанавливается в шести окнах шахты на каждом этапе (в данном случае на 1-м и 3-м этажах). Затем выдвижная обойма с помощью гидроцилиндров поднимается вверх по башне до оголовка, и кран может продолжать сооружение 5-го этажа, стоя на опорных балках. После возведения 5-го этажа и лифтовой шахты 6-го этажа выдвижная обойма снова опускается на торец лифтовой шахты 6-го этажа. С помощью гидроцилиндра кран вывешивается, выдвижные опорные балки задвигаются в башню, и кран выдвигается на один этаж вверх до совпадения опорных балок с окнами в лифтовой шахте 2-го и 4-го этажей.

Кран опирается балками на окна, и далее операции повторяются до возведения последнего этажа здания.

Нижняя секция башни на дне шахты по окончании демонтажа крана разбирается, как и самоподъемный кран.

Самоподъемный кран демонтируется с помощью приставного крана, установленного на легком инвентарном фундаменте, или с помощью стрелового самоходного крана грузоподъемностью 25 т со стрелой длиной не менее 30 м, оборудованной гуськом.

Грузоподъемность при максимальном вылете стрелы (32 м) составляет 5 т, максимальная грузоподъемность (при вылете 16 м) – 10 т, высота подъема максимальная – 100 м.

Предусмотрено производство самоподъемных башенных кранов с грузовой моментом 200, 250, 300 тм и вылетом стрелы до 60 м.

Краны КБР, благодаря особой конструкции стрелового узла и системе его сборки, предназначены для работы в стесненных условиях существующей застройки, в основном для капитального ремонта зданий. Они вписываются в

узкие проезды, проезжают под арками и могут монтироваться даже во дворах-колодцах.

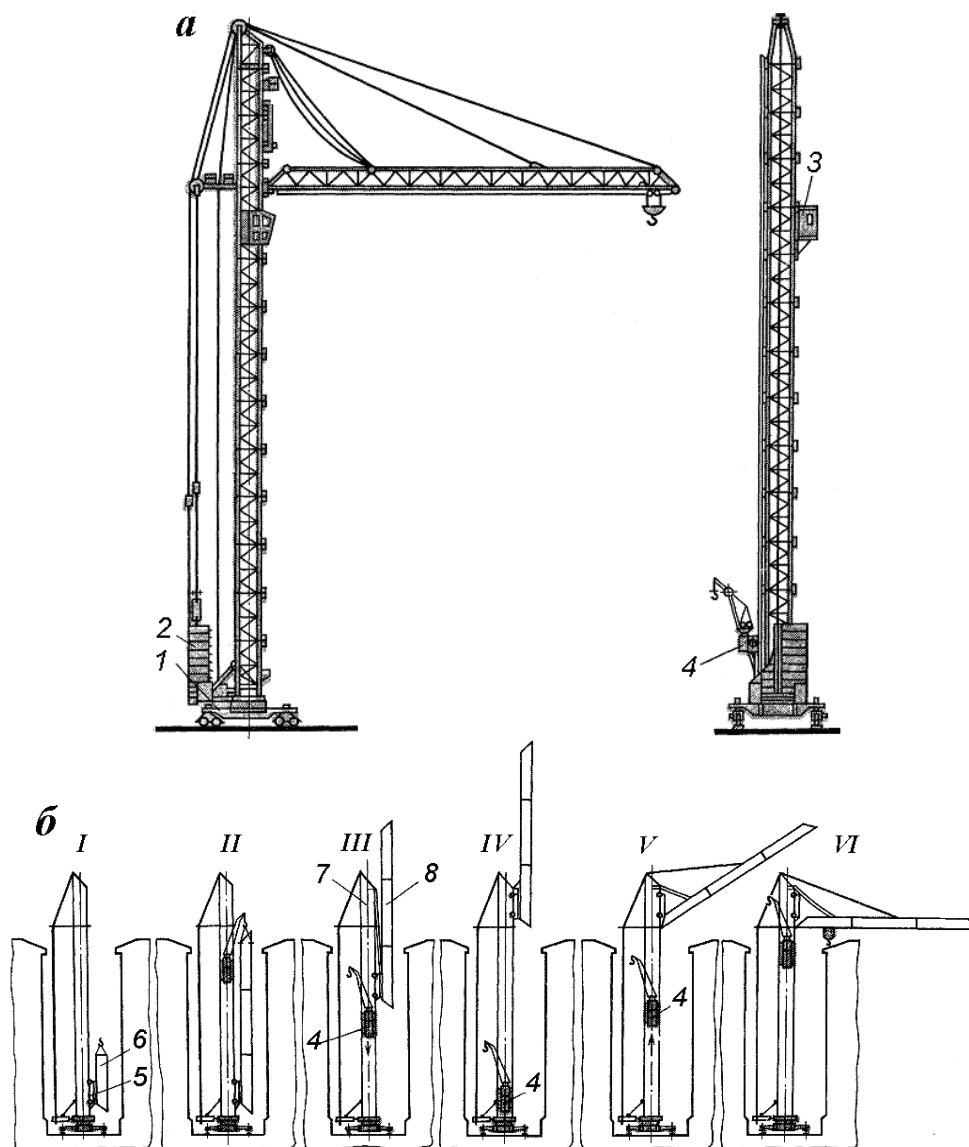


Рис.4.40. Башенный передвижной кран КБР-1:

а – общий вид; *б* – схема монтажа; 1 – балласт; 2 – противовес; 3 – кабина управления; 4 – монтажное устройство; 5 – каретка; 6 – опорная секция стрелы; 7 – монтажный полиспаст; 8 – стрела в сборе; *I* – закрепление секции стрелы на каретке; *II* – сборка секций стрелы с помощью монтажного устройства; *III* – выдвижение собранной стрелы вверх; *IV* – установка стрелы в крайнее верхнее положение; *V* – перевод стрелы в горизонтальное положение; *VI* – установка стрелы в рабочее положение

Кран КБР-1 (рис. 4.40, *а*) с балочной стрелой грузоподъемностью 5 т. Базовая модель имеет еще два исполнения, отличающиеся в основном вылетом 20 и 30 м. Ходовое устройство – рельсокошечное или безрельсовое (на опорах). Ходовая рама по конструкции аналогична раме крана КБ-308 и отличается от нее возможностью замены ходовых тележек на опоры. На раме подвешиваются плиты балласта. Поворотная платформа выполнена в виде отдельного блока, перевозимого на подкатной оси с колесами в прицепе к автотягачу КАЗ-608. При сборке крана (рис.4.40, *б*) основание стрелы закрепляется на стреловой каретке, перемещаемой по башне. Секции башни соединяют с ее основанием с помощью специального монтажного устройства (кран-укосина), которое может переставляться на башне. После сборки стрелы она с кареткой поднимается в крайнее верхнее положение и опускается в рабочее горизонтальное положение.

Кран КБР-2 – модернизированная модель крана КБР-1. Грузоподъемность увеличена до 8 т, а скорость подъема максимальной массы снижена до 16 м/мин, что позволило уменьшить установленную мощность машины.

Работа свободностоящих, передвижных и стационарных кранов возможна до определенной высоты. Для сохранения устойчивости крана при увеличении высоты подъема его башню крепят к конструкциям возводимого здания или сооружения одним, двумя, а иногда тремя креплениями, устанавливаемыми на различной высоте крана по мере его наращивания (рис. 4.29, а, 4.38). В современных высотных кранах серии КБ на расчетной высоте между промежуточными секциями башни закладывают вставки с проушинами, к которым крепятся подкосы, образующие рамы крепления.

Все башенные краны оборудуются приборами безопасности. К ним относятся ограничители крайних положений всех видов движения, расположенные перед упорами: передвижения крана, грузовой и контргрузовой тележек, угла наклона стрелы, поворота, высоты подъема, выдвижения башни и т.д. Для защиты кранов от перегрузки при подъеме груза на определенных вылетах применяют ограничители грузоподъемности. Краны также оснащают тормозами на всех механизмах рабочих движений, нулевой и концевой электрозащитой, аварийными кнопками и рубильниками, анемометрами с автоматическим определением опасных порывов ветра и подачей звуковых и световых сигналов для предупреждения машиниста об опасности, рельсовыми захватами на ходовых тележках, указателями вылета крюка и грузоподъемности на данном вылете при соответствующей высоте подъема груза и т.п. Для прохода машиниста в кабину и к удаленным узлам для проведения технического обслуживания и ремонта на кранах устанавливают лестницы, площадки и настилы, имеющие ограждение.

Эксплуатация башенных кранов в соответствии с правилами Госгортехнадзора разрешается только после регистрации в органах технадзора, а также после технического освидетельствования (включающего в себя осмотр крана, статическое и динамическое испытания) и разрешения на пуск в работу.

4.5. Стреловые самоходные краны

Стреловые самоходные краны представляют собой стреловое или башенно-стреловое крановое оборудование, смонтированное на самоходном гусеничном или пневмоколесном шасси. Стреловые самоходные краны общего назначения применяются для строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ.

Они широко используются на строительных площадках и являются основными грузоподъемными машинами на строительстве трасс различных коммуникаций. Широкое распространение стреловых самоходных кранов обеспечили: автономность привода, большая грузоподъемность (до 250 т), способность передвигаться вместе с грузом, высокие маневренность и мобильность, широкий диапазон параметров, легкость перебазировки с одного объекта на другой, возможность работы со сменным рабочим оборудованием различных видов, и т.п. Краны на пневмоходу грузоподъемностью до 800 т производит

фирма Clark (Англия), а грузоподъемностью до 1000 т – фирма Krupp (ФРГ). Самый мощный в мире гусеничный кран фирмы Demag CC 12600 с грузоподъемностью 1600 т при радиусе 22 м имеет решетчатую стрелу с максимальной длиной 234 м. Этот кран сам перевозит все свои компоненты и при транспортировке имеет максимальную ширину 4 м.

Стреловые самоходные краны общего назначения классифицируют:

по грузоподъемности – легкие (грузоподъемностью до 10 т), средние (грузоподъемностью 10...25 т) и тяжелые (грузоподъемностью от 25 т и более);

по типу ходового устройства – автомобильные (на стандартных шасси грузовых автомобилей), тракторные (навесные на серийные тракторы), специальное шасси автомобильного типа, пневмоколесные, гусеничные;

по количеству и расположению силовых установок – с одной силовой установкой на ходовом устройстве (шасси), с одной силовой установкой на поворотной части и с двумя силовыми установками;

по количеству приводных двигателей механизмов – с одно- и многомоторными приводами;

по типу привода – с механическим, электрическим и гидравлическим приводами;

по количеству и расположению кабин управления – с кабинами, только на шасси, только на поворотной платформе, на шасси и на поворотной платформе;

по конструкции стрелы – со стрелой неизменяемой длины, с выдвижной и телескопической стрелами;

по способу подвески стрелы – с гибкой (на канатных полиспастах) и жесткой (с помощью гидроцилиндров) подвеской.

Основные типоразмеры и параметры современных стреловых самоходных кранов, а также технические требования к ним регламентированы ГОСТ 22827-85 «Краны стреловые самоходные общего назначения. Технические условия». В соответствии с этим стандартом предусмотрен выпуск десяти размерных групп стреловых самоходных кранов грузоподъемностью 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 и 250 т. Указанные грузоподъемности кранов – это максимально допустимая масса груза, которую может поднять кран данной размерной группы при минимальном вылете основной стрелы.

Индексация. Всем моделям стреловых самоходных кранов общего назначения, выпускаемым заводами, присваивается индекс, структурная схема которого показана на рис. 4.41. Первые две буквы индекса КС обозначают кран стреловой самоходный; четыре основные цифры индекса последовательно обозначают: размерную группу (грузоподъемность в т) крана, тип ходового устройства, способ подвески стрелового оборудования и порядковый номер данной модели.

Десять размерных групп кранов обозначаются соответственно цифрами с 1 по 10. Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9, причем цифра 1 обозначает гусеничное устройство (Г), 2 – гусеничное уширенное (ГУ), 3 – пневмоколесное (П), 4 – специальное шасси автомобильного типа (Ш), 5 – шасси стандартного грузового автомобиля (А), 6 – шасси серийного трактора (Тр), 7 – прицепное ходовое устройство (Пр), 8, 9 – резерв. Способ подвески стрело-

вого оборудования указывается цифрами 6 или 7, обозначающими соответственно гибкую или жесткую подвеску. Последняя цифра индекса (цифра с 1 по 9) обозначает порядковый номер модели крана. Следующая после цифрового индекса дополнительная буква (А, Б, В и т.д.) обозначает порядковую модернизацию данного крана, последующие буквы (ХЛ, Т или ТВ) – вид специального климатического исполнения машины: ХЛ – северное, Т – тропическое, ТВ – для работы во влажных тропиках. Например, индекс КС-4561АХЛ обозначает: кран стреловой самоходный, 4-й размерной группы (грузоподъемностью 16 т), на стандартном шасси грузового автомобиля, с гибкой подвеской стрелового оборудования, первая модель, прошедшая первую модернизацию, в северном исполнении.

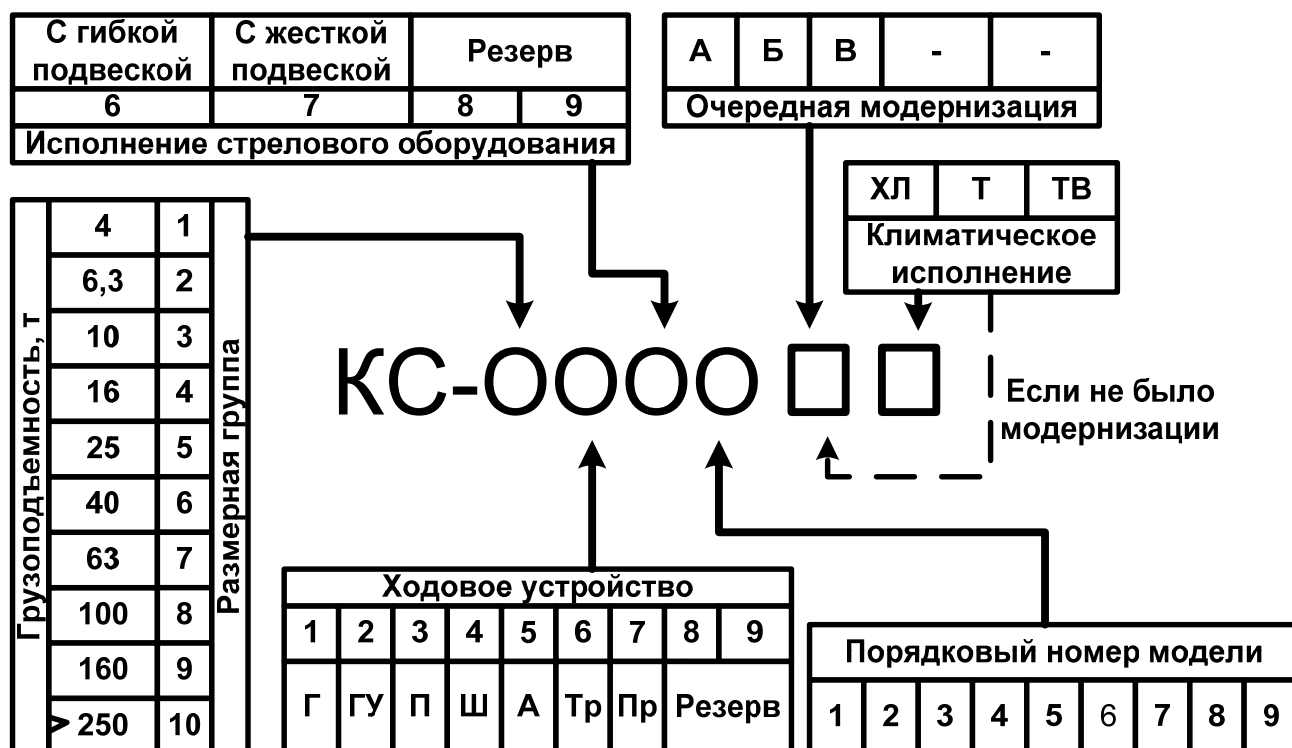


Рис. 4.41. Система индексации стреловых самоходных кранов

Каждый стреловой самоходный кран (рис. 4.42) состоит из следующих основных частей: ходового устройства 1, поворотной платформы 3 (с размещенными на ней силовой установкой, узлами привода, механизмами и кабиной машиниста с пультом управления), опорно-поворотного устройства 2 и сменного рабочего оборудования 5. Исполнительными механизмами кранов являются: механизм подъема груза, изменения вылета стрелы (крюка) 4, вращения поворотной платформы и передвижения крана.

Стреловые самоходные краны могут осуществлять следующие рабочие операции: подъем и опускание груза; изменение угла наклона стрелы при изменении вылета; поворот стрелы в плане на 360°; выдвижение телескопической стрелы с грузом; передвижение крана с грузом. Отдельные операции могут быть совмещены (например, подъем груза или стрелы с поворотом стрелы в плане).

Шасси кранов с пневмоколесным ходовым устройством оборудуют выносными опорами – аутригерами в виде поворотных (откидных) или выдвижных кронштейнов с опорными винтовыми или гидравлическими домкратами на концах. Аутригеры разгружают пневмоколеса, увеличивают опорную базу и устойчивость крана. При работе без выносных опор необходимо снижать грузоподъемность крана. Она составляет 20...30% от номинальной.

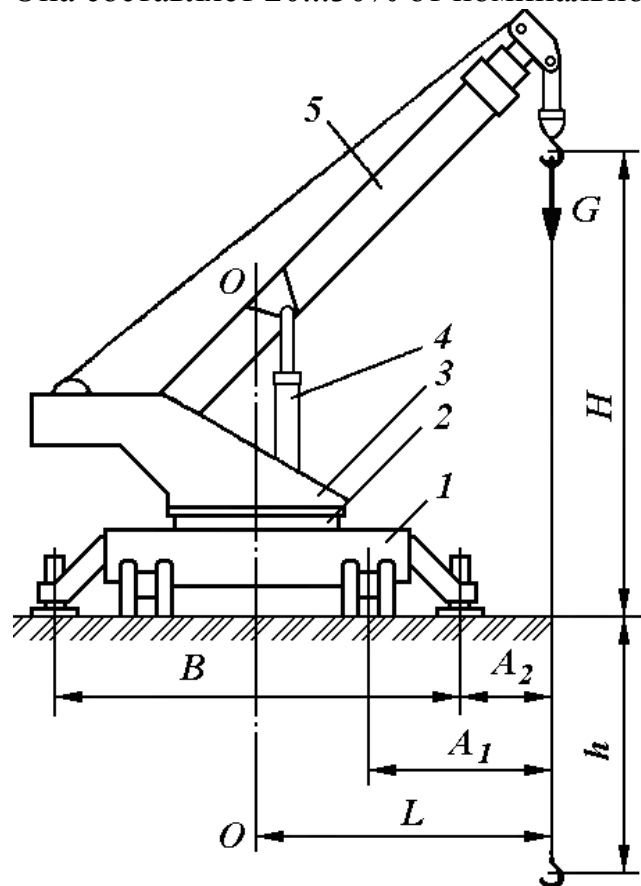


Рис. 4.42. Основные параметры стреловых самоходных кранов

На кранах устанавливают стреловое или башенно-стреловое оборудование. Основными видами стрелового оборудования являются невыдвижная (жесткая) и выдвижная решетчатые стрелы (рис. 4.43), телескопическая стрела с одной или несколькими выдвижными секциями для изменения их длины. Длину выдвижных стрел можно изменять только в нерабочем состоянии крана, телескопических – при действующей рабочей нагрузке. Основное стреловое оборудование обеспечивает наибольшую грузоподъемность крана при требуемых ГОСТом вылете от ребра опрокидывания и высоте подъема крюка. Наибольшая грузоподъемность соответствует наименьшему вылету стрелы. Для увеличения вылета стрела снабжается гуськом (рис. 4.44). Зависимость грузоподъемности и высоты подъема груза от вылета стрелы называется *грузовой характеристикой крана* и изображается графически в виде кривых, которые даются в паспортах кранов (рис. 4.44). Пользуясь графиками, можно определить грузоподъемность и высоту подъема крюка для любого вылета основной стрелы и сменного рабочего оборудования. К сменному рабочему оборудованию относят удлиненные дополнительными вставками (секциями) жесткие и выдвижные стрелы, с применением которых увеличивается зона, обслуживаемая краном.

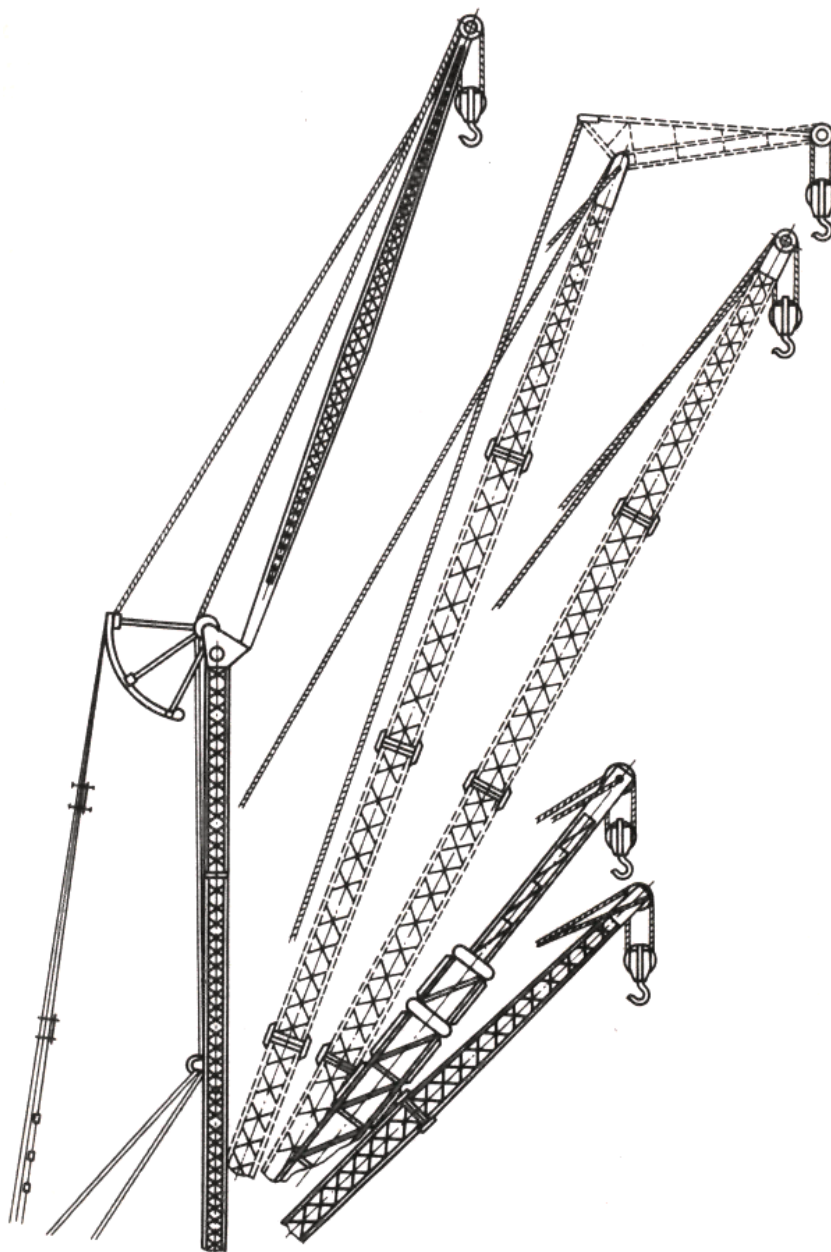


Рис. 4.43. Сменное рабочее оборудование стреловых самоходных кранов

В комплект стрелового оборудования входят стреловой полиспаст или гидроцилиндры для изменения угла наклона стрелы и крюковая подвеска с грузовым полиспастом для подъема и опускания груза. Для увеличения вылета и полезного подстрелового пространства основные и удлиненные сменные стрелы оснащают дополнительными устройствами – управляемыми и неуправляемыми гуськами, которые могут иметь второй (вспомогательный) крюк, подвешиваемый на полиспасте малой кратности и предназначенный для подъема с большей скоростью небольших по массе грузов.

У некоторых моделей кранов на основных жестких стрелах взамен крюка может навешиваться двухчелюстной грейферный ковш (грейфер) с канатным управлением для погрузки-разгрузки сыпучих и мелкокусковых материалов. Подъем основного груза или замыкание челюстей грейферного ковша производится главной грузовой лебедкой. Подъем и опускание крюковой подвески, гуська и грейфера осуществляется вспомогательной грузовой лебедкой.

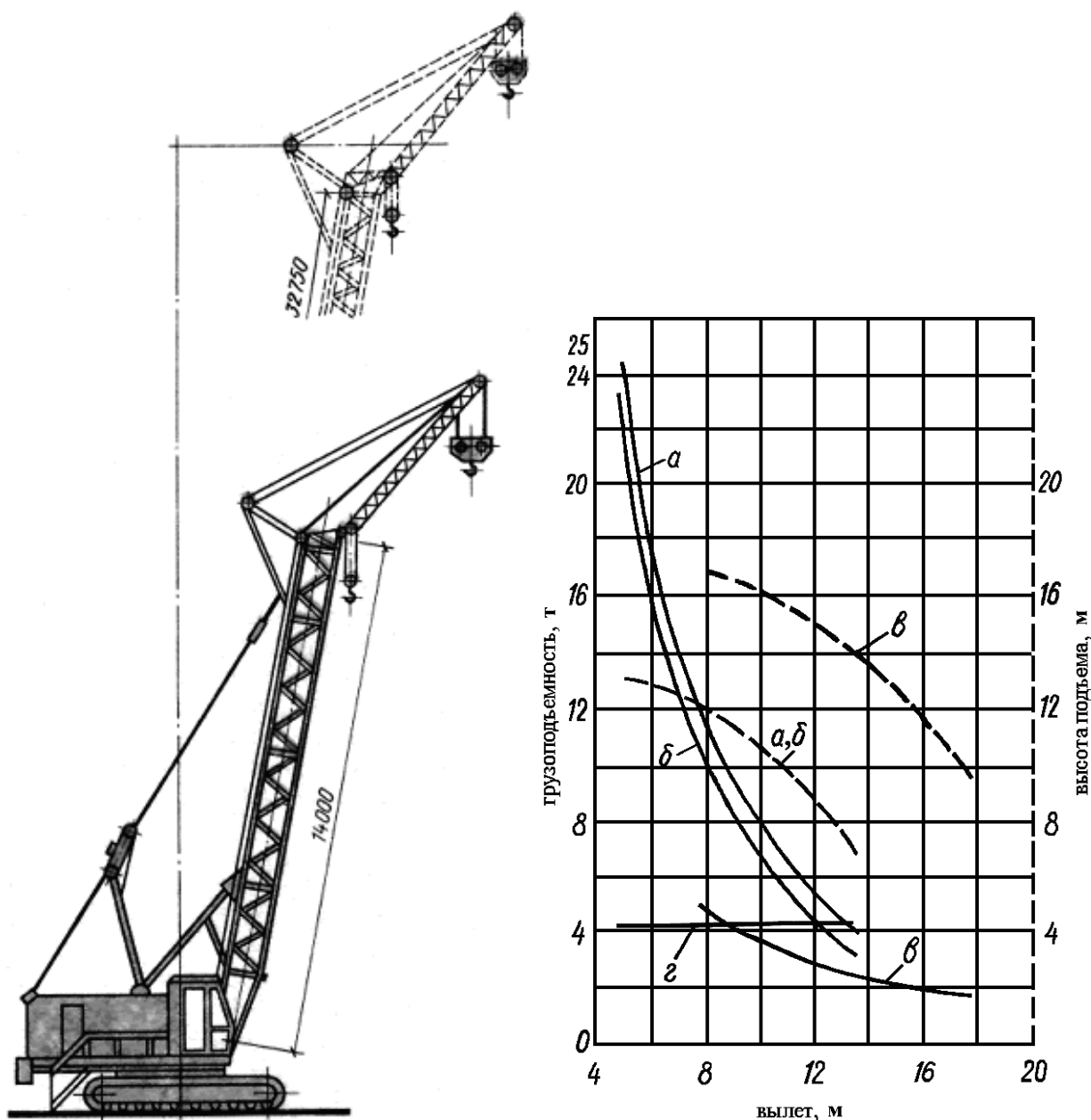


Рис. 4. 44. Гусеничный кран ДЭК – 251 с неуправляемым гуськом и его грузовая характеристика

Башенно-стреловое оборудование кранов состоит из башни, управляемого гуська или маневровой стрелы, стрелового полиспаста и грузового полиспаста с крюковой подвеской. Такое оборудование по сравнению со стреловым обеспечивает увеличение обслуживаемой зоны в плане примерно в 2 раза (рис. 4.45, 4.46).

Стреловое и башенно-стреловое оборудование вместе с главной грузовой, вспомогательной и стреловой лебедками, механизмом вращения поворотной части крана, узлами их привода и управления монтируют на поворотной платформе. Для уравнивания крана во время работы на поворотной платформе устанавливают противовес. У кранов с гибкой подвеской стрелового оборудования на поворотной платформе смонтирована двуногая опорная стойка, несущая стреловой полиспаст. Краны с жесткой подвеской стрелового оборудования не имеют двуногую стойку, стрелоподъемные – лебедку и полиспаст; подъем – опускание стрелы у таких машин осуществляется одним или двумя гидро-

цилиндрами. Поворотная платформа соединена с рамой ходового устройства унифицированным опорно-поворотным кругом, который обеспечивает возможность вращения платформы с рабочим оборудованием в плане.

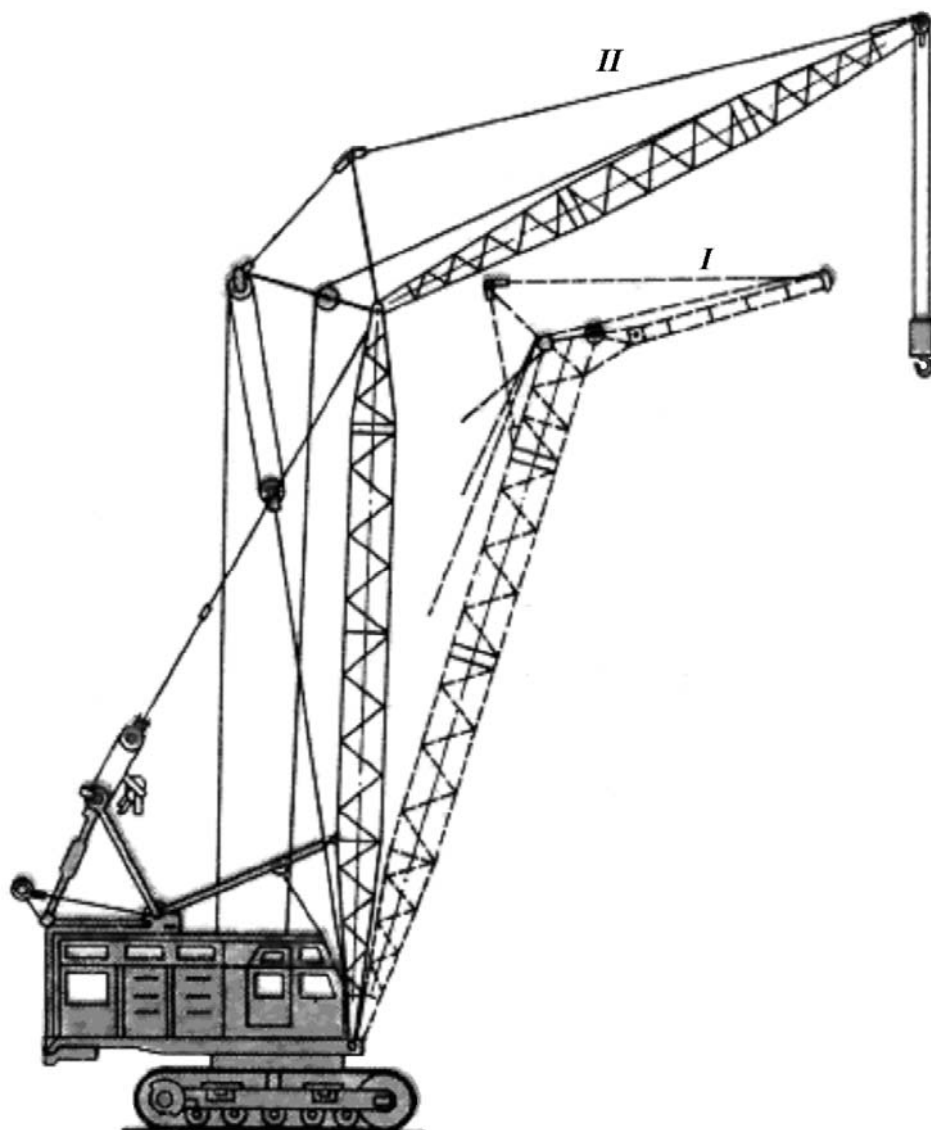


Рис.4.45. Гусеничный кран РДК–250-3:

I – стреловое исполнение; *II* – башенно-стреловое исполнение

Привод исполнительных механизмов кранов с одномоторным (механическим) приводом осуществляется от дизельного или электрического двигателя через механическую трансмиссию. Эти краны имеют сложную кинематическую схему с большим количеством зубчатых передач, муфт и тормозов. Для изменения направления рабочих движений в кинематическую цепь одномоторных кранов включен реверсивный механизм. Основными недостатками кранов с механическим приводом являются невозможность бесступенчатого и плавного регулирования скоростей исполнительных механизмов, отсутствие низких «посадочных» скоростей опускания груза, необходимых при ведении монтажных работ. Краны с одномоторным приводом заменяются машинами с многомоторным приводом.

Многомоторный привод обеспечивает независимую работу исполнительных механизмов, бесступенчатое регулирование их скоростей в широком диа-

пазоне, получение монтажных скоростей перемещения груза, упрощает кинематику кранов, улучшает технико-эксплуатационные показатели машин и т.п. У кранов с многомоторным приводом исполнительные механизмы приводятся индивидуальными электрическими или гидравлическими двигателями. Питание электродвигателей механизмов может осуществляться от внешней силовой сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц или от генераторной установки машины. Питание индивидуальных гидравлических двигателей механизмов обеспечивается гидронасосами через распределительную систему. Привод генератора и гидронасосов осуществляется обычно от основного двигателя машины – дизеля.

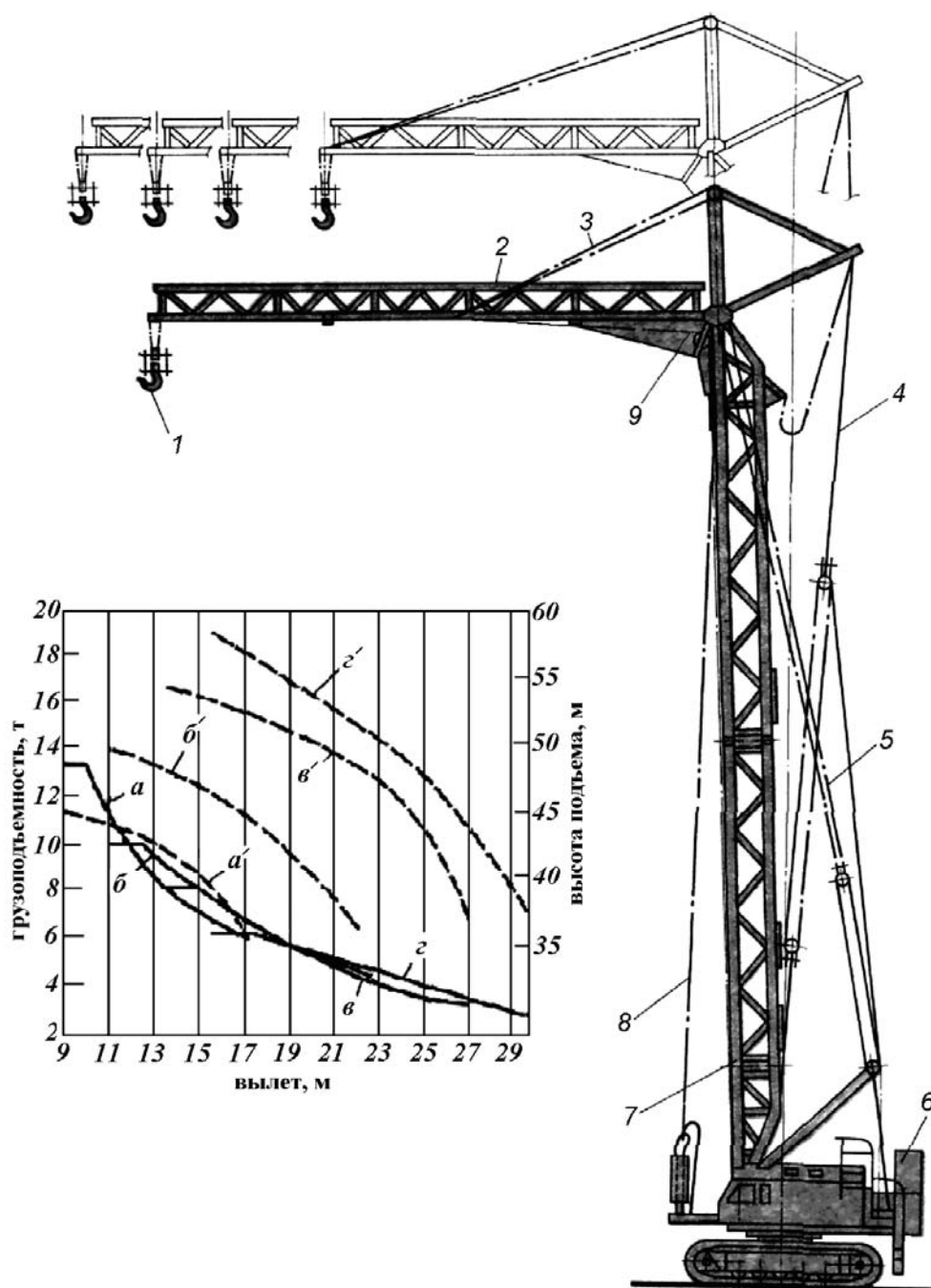


Рис. 4.46. Гусеничный кран СКГ-401 с башенно-стреловым оборудованием и его грузовая характеристика для башни 32 м: для управляемых гуськов 15,6 м (а), 20,5 м (б), 25,6 м (с)
 1 – крюк; 2 – управляемый гусек; 3 – тяга гуська; 4 – тяга изменения вылета гуська; 5 – тяги стрелового полиспаста; 6 – противовес; 7 – башня; 8, 9 – предохранительные тяги башни и гуська

Грузоподъемность – главный параметр стреловых самоходных кранов. К основным параметрам этих кранов относятся (рис. 4.42):

вылет L – расстояние от оси вращения поворотной части крана до центра зева крюка;

вылет от ребра опрокидывания – расстояние от ребра опрокидывания до центра зева крюка: A_1 – при работе без выносных опор, A_2 – на выносных опорах;

высота подъема крюка H – расстояние от уровня стоянки крана до центра зева крюка, находящегося в крайнем верхнем положении;

глубина опускания крюка h – расстояние от уровня стоянки крана до центра зева крюка, находящегося в нижнем рабочем положении;

скорость подъема и опускания груза $v_{гр}$;

скорость посадки груза $v_{п}$ – минимальная скорость опускания груза при монтаже и укладке конструкций, а также при работе с предельными по массе для данной модели крана грузами;

частота вращения поворотной части крана $n_{п}$;

скорость изменения вылета $v_{в}$ – скорость перемещения крюка по горизонтали при изменении его вылета;

время изменения вылета $t_{в}$ – продолжительность перемещения крюка от одного предельного положения стрелы до другого;

скорость телескопирования $v_{т}$ – скорость движения секций выдвижных или телескопических стрел относительно основной (невыдвижной) секции при изменении длины стрел;

рабочая скорость $v_{р}$ – скорость передвижения крана с грузом на крюке;

транспортная скорость крана $v_{тр}$ – скорость передвижения крана со стреловым оборудованием в транспортном положении;

колея крана K – расстояние между вертикальными осями, проходящими через середины опорных поверхностей ходового устройства;

база крана B – расстояние между вертикальными осями передних и задних ходовых тележек или колес;

минимальный радиус поворота крана $R_{к}$ – расстояние от центра поворота до наиболее удаленной точки крана при минимальном радиусе поворота шасси крана;

размеры опорного контура выносных опор (поперек и вдоль);

преодолеваемый уклон пути α – наибольший угол подъема преодолеваемый краном, движущимся с постоянной скоростью;

установленная мощность $P_y (N_y)$;

конструктивная $m_{к}$ и эксплуатационная $m_{э}$ массы крана.

Автомобильные краны (автокраны) – стреловые полноповоротные краны, смонтированные на стандартных шасси грузовых автомобилей нормальной и повышенной проходимости. Автокраны обладают довольно большой грузоподъемностью (до 40 т), высокими транспортными скоростями передвижения (до 70...80 км/ч), хорошей маневренностью и мобильностью, поэтому их применение наиболее целесообразно при значительных расстояниях между объектами с небольшими объемами строительно-монтажных и погрузочно-

разгрузочных работ. В настоящее время автомобильные краны составляют более 80% от общего парка стреловых самоходных кранов.

При использовании на строительно-монтажных работах автокраны обычно оборудуют сменными удлиненными решетчатыми стрелами различных модификаций, удлиненными стрелами с гуськами и башенно-стреловым оборудованием. При оснащении специальным оборудованием (грейфером) автокраны применяют для перегрузки сыпучих и мелкокусковых материалов, экскавации легких грунтов, копания ям, очистки траншей и котлованов от обрушившегося грунта и снега.

Автокраны могут производить следующие рабочие операции: подъем и опускание груза; изменение угла наклона стрелы; поворот стрелы на 360° в плане; изменение длины телескопической стрелы; передвижение с грузом.

Каждый автокран оборудуют четырьмя выносными опорами, устанавливаемыми вручную или с помощью гидропривода. Для повышения устойчивости кранов во время работы задние мосты автомашин оборудованы гидравлическими стабилизаторами для вывешивания заднего моста при работе на выносных опорах и для блокировки рессор при работе без опор. Автокраны могут перемещаться вместе с грузом со скоростью до 5 км/ч. При передвижении грузоподъемность автокранов снижается примерно в 3...5 раз. Основное силовое оборудование автокранов – двигатель автомобиля. При включении трансмиссии крановых механизмов трансмиссия автомобиля отключается. Привод крановых механизмов может быть одномоторным (механическим) и многомоторным (дизель-электрическим и гидравлическим), подвеска стрелового оборудования – гибкой (канатной) и жесткой. Управление крановыми механизмами осуществляется из кабины машиниста, расположенной на поворотной платформе, управление передвижением крана – из кабины автошасси.

Промышленность выпускает автомобильные краны 2...4-й размерных групп грузоподъемностью 6,3...20 т, с механическим, электрическим и гидравлическим приводами механизмов. Краны с механическим и электрическим приводами имеют гибкую подвеску стрелового оборудования, с гидравлическим приводом – жесткую. Каждый автокран состоит из базового автомобиля крановой модификации, на котором посредством роликового опорно-поворотного устройства смонтирована поворотная платформа, несущая стреловое оборудование и крановые механизмы.

Автокраны с *механическим приводом* имеют грузоподъемность 6,3 т. Неповоротная часть крана (рис. 4.47, а) включает ходовую раму, жестко прикрепленную к раме автошасси, коробку отбора мощности, промежуточный конический редуктор, зубчатый венец опорно-поворотного устройства, выносные опоры и стабилизирующее устройство. Поворотная часть крана состоит из поворотной платформы, на которой смонтированы решетчатая стрела, двуногая стойка, противовес, грузовая и стреловая лебедки, реверсивно-распределительный механизм, механизм поворота крана и кабина машиниста с рычагами и педалями управления. Краны оснащают жесткой решетчатой или выдвижной основной стрелой длиной 8 м в выдвинутом положении.

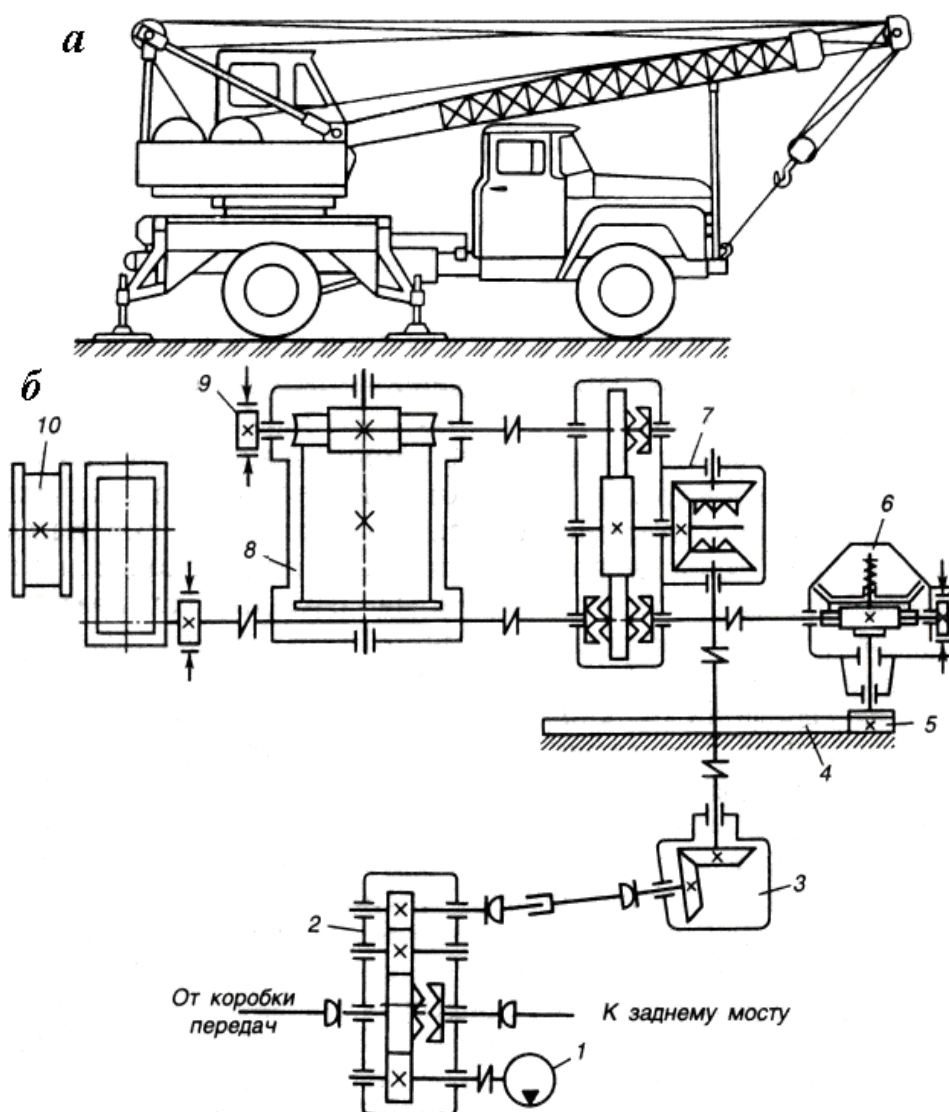


Рис. 4.47. Автокран с механическим приводом:

а – общий вид; *б* – кинематическая схема

В комплект сменного оборудования кранов входят: удлиненная выдвижная стрела (длиной 10,4 м в выдвинутом положении) и две решетчатые удлиненные (до 12 м) стрелы – прямая и с гуськом длиной 1,5 м. Изменение угла наклона стрелы осуществляется стреловой лебедкой через стреловой полиспаст, подъем – опускание крюковой подвески (груза) – грузовой лебедкой через грузовой полиспаст. Крановые механизмы приводятся в действие от двигателя (рис. 4.47, б) шасси автомобиля через коробку отбора мощности 2, промежуточный редуктор 3 и реверсивно-распределительный механизм 7, который обеспечивает распределение крутящего момента между стреловой 10 и грузовой 8 лебедками и поворотным механизмом 6, их независимый отдельный привод и реверсирование. На выходном валу поворотного механизма закреплена поворотная шестерня 5, находящаяся во внутреннем зацеплении с зубчатым венцом 4 опорно-поворотного круга.

Операции подъема-опускания груза и поворота стрелы в плане могут быть совмещены. Регулирование рабочих скоростей крановых механизмов производится за счет изменения частоты вращения вала двигателя автомобиля. Лебедки снабжены индивидуальными ленточными нормально замкнутыми тормо-

зами 9 с автоматическим электропневмоуправлением. Механизм поворота оснащен ленточным постоянно замкнутым тормозом. Питание гидродомкратов выносных опор и гидроцилиндров блокировки подвески осуществляется гидронасосом 1 с приводом от коробки отбора мощности 2.

Дизель-электрические краны имеют грузоподъемность 16 т. Они состоят из тех же частей (за исключением трансмиссии), что и краны с механическим приводом, и оборудованы гидроуправляемыми выносными опорами. Дизель-электрический кран комплектуется основной жесткой решетчатой стрелой длиной 10 м, которая с помощью вставок может быть удлинена до 14, 18 и 22 м. Удлиненные стрелы могут быть оборудованы неуправляемым гуськом длиной 5 м со вспомогательной крюковой подвеской для работы с крупногабаритными грузами массой до 2 т и для монтажных работ. Для подъема-опускания крюковой подвески гуська в конструкцию крана включена грузовая лебедка вспомогательного подъема.

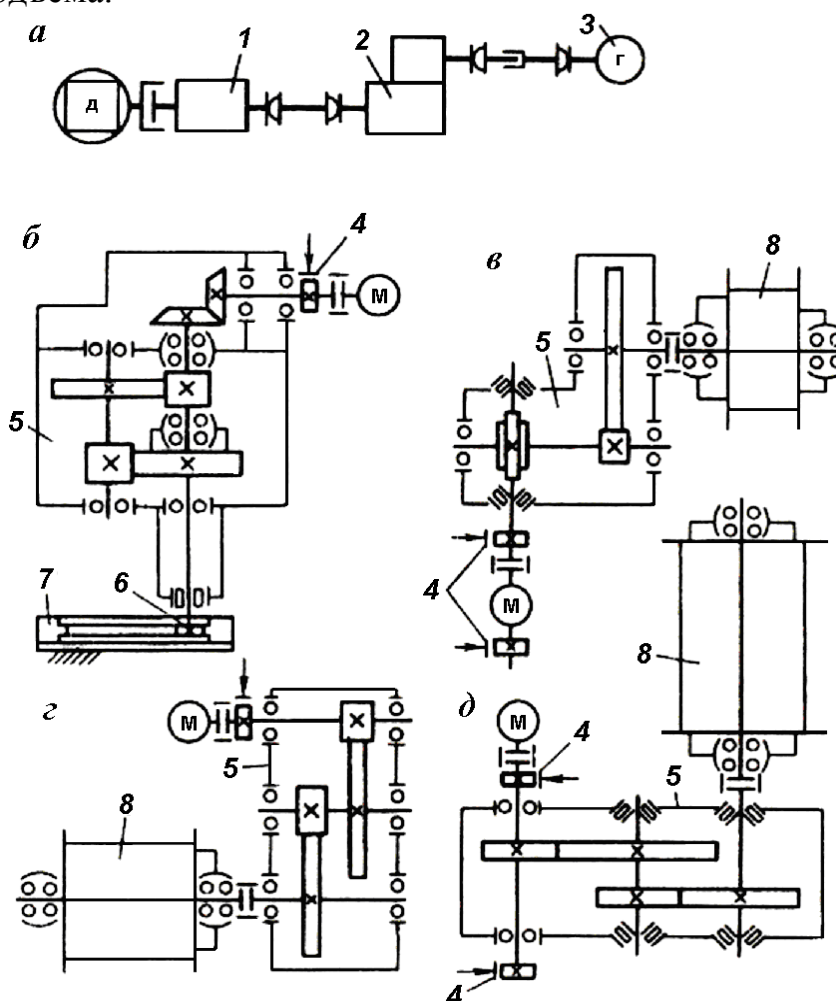


Рис. 4.48. Кинематические схемы автокрана с дизель-электрическим приводом:

а – системы «двигатель – генератор»; б – механизма поворота кранового оборудования; в, г, д – механизмов привода лебедок; 1 – коробка передач; 2 – коробка отбора мощности; 3 – генератор; 4 – колодочные тормоза; 5 – редукторы; 6 – поворотная шестерня; 7 – зубчатый венец опорно-поворотного устройства; 8 – барабаны лебедок

Питание индивидуальных трехфазных электродвигателей крановых механизмов электрическим током производится от синхронного генератора 3 (рис. 4.48) трехфазного тока мощностью 30 кВт, привод которого осуществляется от дизеля автомобиля через коробку передач 1, коробку отбора мощности

2 и карданные валы. Электродвигатели приводят в действие исполнительные органы крановых механизмов через редукторы. Возможно питание приводных электродвигателей также от внешней сети трехфазного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Электродвигатели грузовых лебедок главного и вспомогательного подъемов и поворотного механизма имеют фазный ротор, электродвигатель стреловой лебедки – короткозамкнутый. Частота вращения генератора регулируется двигателем базового автошасси и варьированием передаточных чисел коробки передач автомобиля. Ток на поворотную часть крана передается через кольцевые токосъемники. Управление двигателями (плавный пуск, регулирование скорости, реверс, останов) крановых механизмов, за исключением стреловой лебедки, осуществляется с помощью контроллеров, размещенных в кабине машиниста. Пуск и останов двигателя стреловой лебедки производятся реверсивными магнитными пускателями, управляемыми кнопками. Лебедки и механизм вращения поворотной платформы снабжены колодочными тормозами с электрогидравлическими толкателями.

Автомобильные краны с *гидравлическим приводом* выпускают 2 – 4-й размерных групп и оборудуют жестко подвешенными телескопическими стрелами (основное рабочее оборудование), длину которых можно изменять при рабочей нагрузке. В качестве сменного рабочего оборудования кранов применяют удлинители стрел, гуськи и башенно-стреловое оборудование, башней которого служит основная телескопическая стрела.

На кранах 3-й размерной группы устанавливают двухсекционные стрелы с одной подвижной секцией, на кранах 4-й размерной группы – трехсекционные с двумя выдвижными секциями. Перемещение выдвижных секций стрелы осуществляется с помощью длинноходовых гидроцилиндров двойного действия. Все автокраны с гидравлическим приводом однотипны по конструкции, максимально унифицированы и различаются между собой базовыми автошасси, грузоподъемностью, размерами узлов и агрегатов.

Рассмотрим в качестве примера конструкцию крана грузоподъемностью 16 т (рис. 4.49), смонтированного на шасси автомобиля КрАЗ. Гидравлический привод рабочего оборудования машины обеспечивает изменение длины телескопической стрелы, подъем и опускание груза, изменение угла наклона стрелы, поворот стрелы (платформы) в плане на 360°. Причем операции подъема-опускания груза или стрелы могут быть совмещены с поворотом платформы или выдвижением – втягиванием телескопической стрелы. С помощью гидропривода производится также управление четырьмя гидродомкратами выносных опор, гидроцилиндрами выдвижения – втягивания выносных опор и двумя гидроцилиндрами механизма блокировки подвески. Кран может работать на опорах без выдвижения опорных балок, что позволяет эксплуатировать его в стесненных условиях.

Телескопическая стрела крана состоит из трех секций коробчатого сечения – неподвижной наружной (основания), шарнирно прикрепленной к стойкам поворотной платформы, и выдвижных средней и верхней секций. На переднем конце верхней секции установлены неподвижные блоки 3 грузового полиспаста для подъема-опускания крюковой подвески 2. Выдвижение и втягивание сек-

ций стрелы производится двумя длинноходовыми гидроцилиндрами 4 двойного действия и осуществляется в такой последовательности: сначала выдвигается средняя секция, а затем после полного ее выдвижения выдвигается верхняя секция. Стрела может выдвигаться с грузом 4 т на длину до 14,7 м, с грузом 2 т – на полную длину (21,7 м). Изменение угла наклона стрелы производится гидроцилиндром 5. Стрела может быть оборудована 9-метровым удлинителем и гуськом со вспомогательной крюковой подвеской.

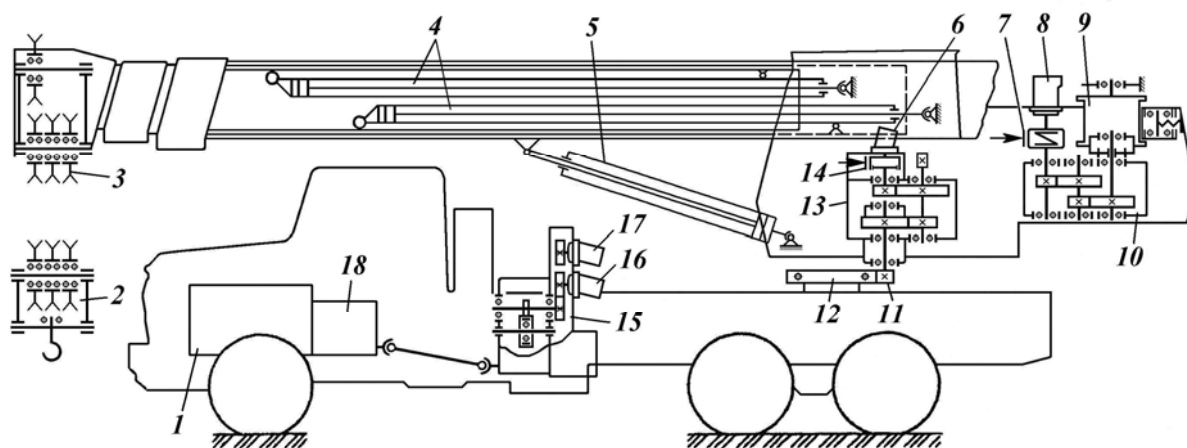


Рис.4.49.Схема автокрана с гидравлическим приводом:

Грузовая лебедка крана состоит из регулируемого аксиально-поршневого гидромотора 8, цилиндрического двухступенчатого редуктора 10, барабана 9, и нормально замкнутого ленточного тормоза 7 с гидроразмыкателем, включенным параллельно гидромотору. Регулируемый гидромотор грузовой лебедки позволяет осуществлять ускоренный подъем грузов массой до 6 т со скоростью 18,2 м/мин, вдвое превышающей номинальную. Кран оборудован вспомогательной лебедкой, по конструкции аналогичной грузовой, которая обслуживает крюковую подвеску гуська.

Рабочее оборудование крана смонтировано на поворотной платформе, которая опирается на ходовую раму шасси с помощью стандартного роликового опорно-поворотного устройства. Механизм поворота включает аксиально-поршневой гидромотор 6, двухступенчатый редуктор 13 и нормально замкнутый колодочный тормоз 14 с гидроразмыкателем. На выходном валу редуктора закреплена шестерня 11, входящая в зацепление с зубчатым венцом 12 опорно-поворотного устройства.

Гидравлические двигатели крановых механизмов, гидроцилиндры выносных опор и механизма блокировки рессор питаются от двух аксиально-поршневых насосов 16 и 17, привод которых осуществляется от дизеля 1 базовой машины через коробку передач 18 и раздаточную коробку 15. При выключенных насосах от раздаточной коробки приводится в действие механизм передвижения крана. Рабочая жидкость от насосов поступает по трубопроводам к гидроаппаратуре на поворотной платформе через вращающееся соединение. Управление крановыми механизмами осуществляется из кабины машиниста с помощью гидрораспределителей. Рабочие скорости крановых механизмов регулируются изменением частоты вращения вала двигателя автомобиля (и, следовательно, гидронасосов) и дросселированием потоков жидкости, подводимых

к гидравлическим двигателям. Рабочее давление жидкости в гидросистеме крана составляет 12...16 МПа.

В настоящее время у нас в стране начато производство гидравлических автомобильных кранов с телескопическими стрелами грузоподъемностью 25 и 40 т. Гидравлические крановые установки, поставляемые этими фирмами, монтируются на переоборудованных шасси серийных отечественных автомобилей КраЗ и КамАЗ с повышенной несущей способностью.

Кран грузоподъемностью 40 т выполнен на базе автомобиля КраЗ, шасси которого оснащено дополнительной осью. В состав каждой крановой установки входят: телескопическая стрела, гидроцилиндры подъема стрелы и ее телескопирования, механизм вращения поворотной части и две одинаковые лебедки – основная и вспомогательная. На стрелы могут устанавливаться удлинители и гуськи различной длины.

Все автомобильные краны оснащены системой устройств и приборов, обеспечивающей их безопасную эксплуатацию. В эту систему входят: ограничители грузоподъемности, подъема и опускания крюка, подъема стрелы, указатели вылета крюка и грузоподъемности, устройства, предотвращающие запрокидывание стрел, креномеры, сигнализаторы крена, границы рабочей зоны, опасного напряжения, нижнего рабочего положения стрелы, а также звуковой сигнал и приборы освещения.

Некоторые модели современных кранов оборудованы автоматическими ограничителями, управляемыми микропроцессорами.

Гидравлические стреловые краны на специальных шасси оснащены телескопическими, жестко подвешенными стрелами, имеют индивидуальный гидравлический привод каждого механизма и смонтированы на специальных шасси автомобильного типа и короткобазовых шасси, приспособленных для специфических крановых режимов работы. Выдвижение и втягивание телескопической стрелы могут выполняться с грузом на крюке. Сменное рабочее оборудование кранов – удлинители, неуправляемые гуськи, неуправляемые гуськи с удлинителями, управляемые гуськи (башенно-стреловое оборудование). Шасси автомобильного типа изготовляют многоосными (от 3 до 8 осей в зависимости от грузоподъемности) с использованием сборочных единиц серийных грузовых автомобилей. Краны на таких шасси обладают высокой мобильностью и скоростями передвижения (до 50...70 км/ч) и благодаря относительно небольшим нагрузкам на оси и колеса имеют высокую проходимость. Обычно они обслуживают удаленные друг от друга рассредоточенные строительные объекты с небольшими объемами крановых работ.

Краны на шасси автомобильного типа выпускают 5...10-й размерных групп, и они представляют собой однотипные по конструкции, максимально унифицированные машины. Краны могут работать на выносных опорах и без них и передвигаться по площадке с твердым покрытием с грузом на крюке при стреле, направленной вдоль оси крана назад.

Специальное шасси автомобильного типа (рис. 4.50) включает ходовую раму, двигатель, трансмиссию, ведущие управляемые и неуправляемые мосты и неведущие управляемые оси, кабину водителя, рулевое управление и тормоз-

ную систему. Составными частями трансмиссии являются: муфта сцепления, коробка передач, раздаточная коробка и карданные валы. На ходовой раме крепятся выносные гидроуправляемые опоры, зубчатый венец роликового опорно-поворотного устройства, соединяющего поворотную часть крана с неповоротной. На кранах грузоподъемностью 25 и 40 т двигатель шасси служит также для привода крановых механизмов. На кранах большей грузоподъемности крановое оборудование и шасси имеют самостоятельные силовые установки.

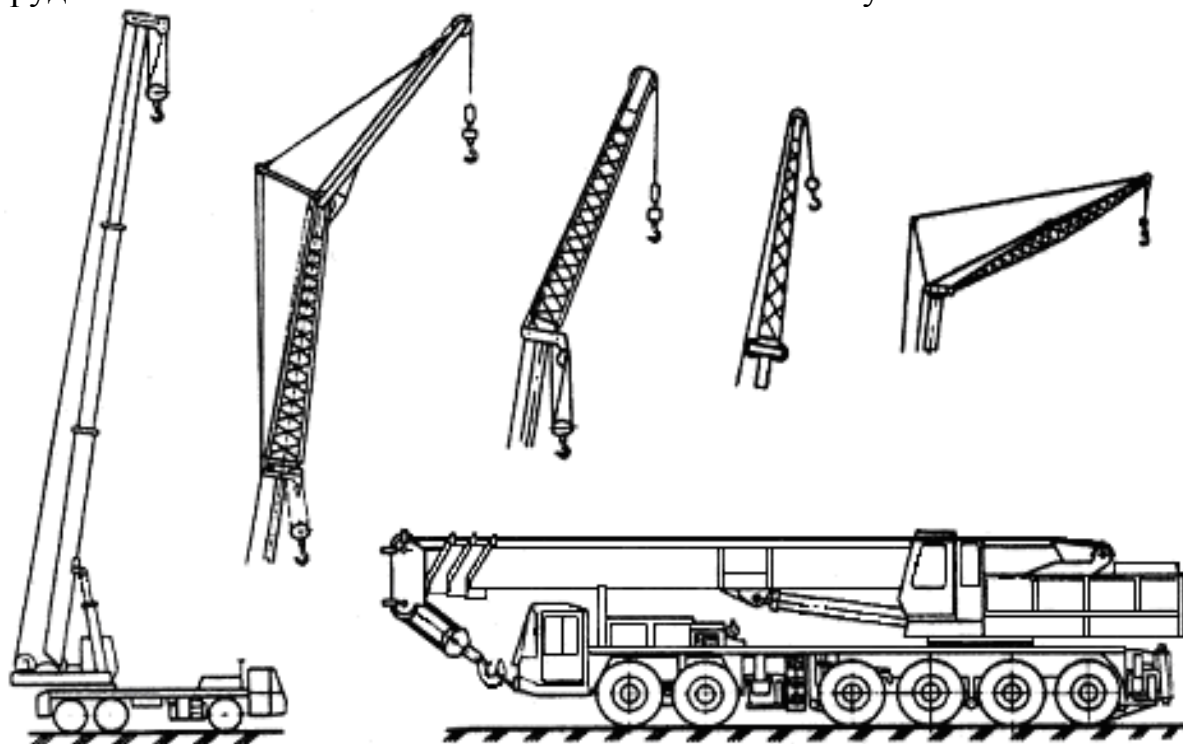


Рис. 4.50. Кран на шасси автомобильного типа

На поворотной платформе размещены: телескопическая стрела, механизм подъема груза, механизм подъема-опускания стрелы, механизм поворота, кабина машиниста с пультом управления и противовес. Механизм подъема груза имеет две конструктивно одинаковые грузовые лебедки – главную и вспомогательную. Главная лебедка осуществляет главный подъем, вспомогательная используется для работы с крюковыми подвесками неуправляемых гуськов, а при башенно-стреловом оборудовании приводит в движение управляемый гусек через полиспаст управления. Привод механизмов подъема груза и поворота осуществляется аксиально-поршневыми насосами; механизмы подъема-опускания стрелы и выдвижения-втягивания ее секций приводятся в действие гидроцилиндрами двойного действия. Гидродвигатели кранового оборудования получают питание от аксиально-поршневых насосов с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Насосы развивают давление в гидросистеме до 16 МПа.

Краны на специальном короткобазовом шасси выпускают 4...6-й размерных групп грузоподъемностью 16 т, 25 т и 40 т. Краны имеют аналогичную конструкцию и оборудованы телескопическими стрелами, выдвижение и втягивание которых можно осуществлять под нагрузкой. Крановое оборудование кранов на специальных автомобильных шасси и на короткобазовых шасси максимально унифицировано.

У короткобазовых шасси кранов отношение колеи K к базе машины B составляет примерно $0,8...0,9$. Краны имеют два ведущих, независимо работающих и управляемых моста, что обеспечивает кранам высокую мобильность и маневренность, повышенную проходимость и возможность работы в стесненных условиях. Оба моста всех шасси кранов взаимно унифицированы. Краны на короткобазовом шасси используют на строительных объектах со средними объемами работ. Сменное рабочее оборудование кранов – удлинители стрел и неуправляемые гуськи.

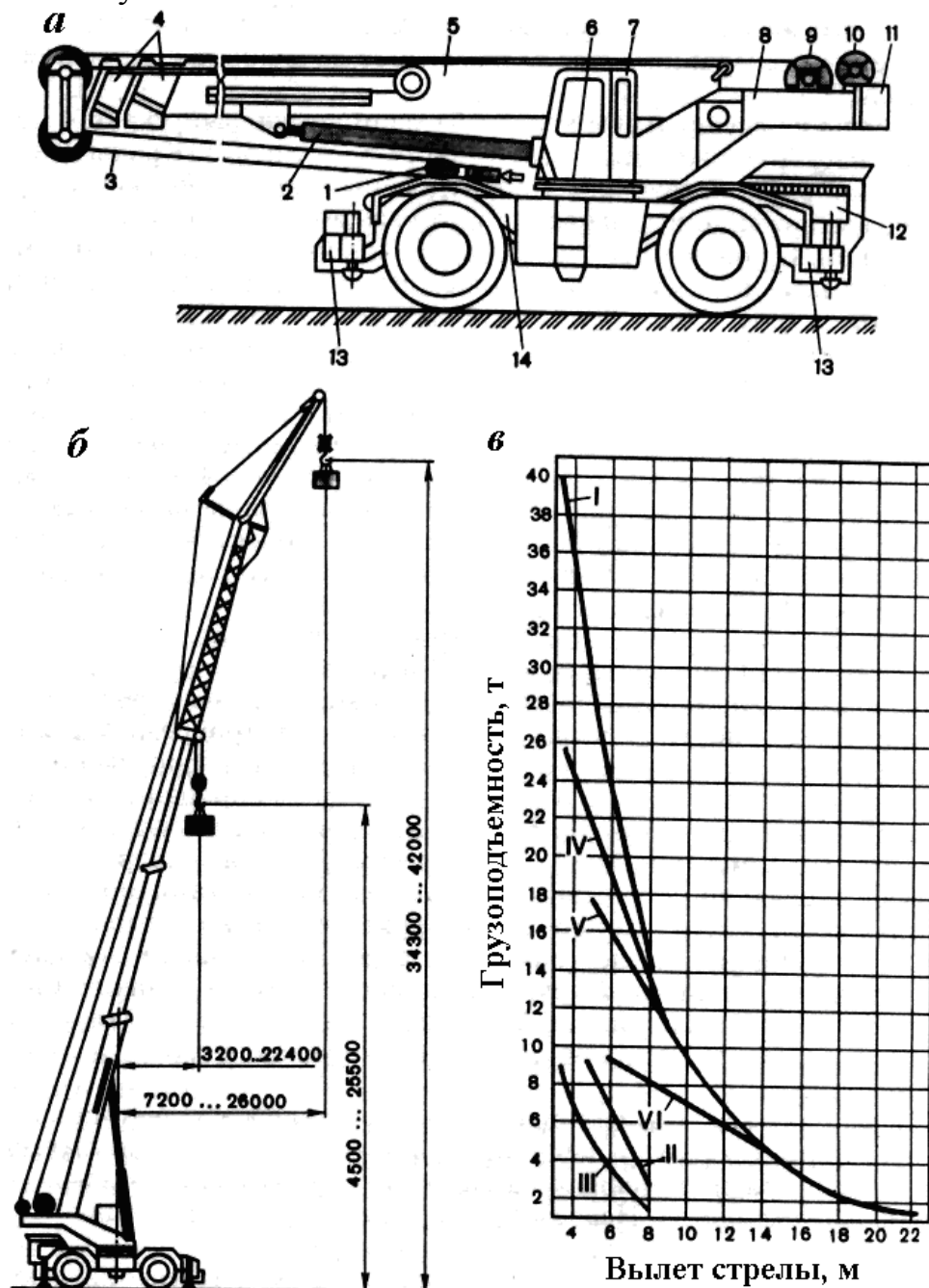


Рис. 4.51. Кран на короткобазовом шасси:

a – общий вид; *б* – кран в рабочем положении; *в* – графики грузоподъемности (главный подъем)

Короткобазовый кран 6-й размерной группы (рис. 4.51, *a*) состоит из шасси 14, поворотной части 8 и рабочего оборудования. На раме шасси установлены дизельный двигатель 12, выносные гидроуправляемые опоры 13 и опорно-поворотное устройство 6 для соединения поворотной части с рамой шасси. Ка-

ждая выносная опора состоит из балки с гидродомкратом для подъема крана на опорах и гидроцилиндра выдвижения опор. От дизеля шасси осуществляется привод гидромеханической трансмиссии ходового устройства и привод аксиально-поршневых насосов крановых механизмов. Поворотная часть состоит из поворотной рамы, на которой смонтированы: трехсекционная телескопическая стрела с основной 5 и двумя выдвижными секциями 4, грузовым полиспастом 3 и крюковой подвеской 1, кабина машиниста 7, главная 9 и вспомогательная 10 грузовые лебедки; гидроцилиндр 2 подъема-опускания стрелы и противовес 11.

Крановые механизмы приводятся в действие аксиально-поршневыми гидромоторами и гидроцилиндрами, получающими питание от насосов, расположенных на гидротрансформаторе трансмиссии ходового устройства. Насосы приводятся во вращение от двигателя через насосное колесо гидротрансформатора.

Рабочее оборудование крана включает в себя телескопическую стрелу длиной 10,6...25,2 м, удлинитель длиной 10 м и неуправляемый гусек длиной 7,5 м с укосиной и оттяжками. При работе с удлинителем и гуськом кран может осуществлять как основной, так и вспомогательный подъем.

На рис. 4.51, б показан кран в рабочем положении; а на рис. 4.51, в приведены его грузовые характеристики.

Краны на специальных шасси снабжены следующими приборами безопасности: выключателями подъема крюковых подвесок и сматывания канатов с барабанов, указателями вылета стрелы и грузоподъемности, ограничителями наибольшего давления и гидрозамками в гидросистеме.

Пневмоколесные краны на специальном шасси наиболее эффективно используют для выполнения монтажных погрузочно-разгрузочных работ средних объемов на рассредоточенных объектах, отстоящих друг от друга на небольших расстояниях, которые краны при перебазировках обычно преодолевают своим ходом. Промышленность серийно выпускает пневмоколесные краны 5...8-й размерных групп грузоподъемностью 25, 40, 63 и 100 т с дизель-электрическим приводом. Краны могут работать от внешней силовой сети напряжением 380 В. На кранах 5-й и 6-й размерных групп привод всех механизмов осуществляется от одной силовой установки, смонтированной на шасси машины. Краны 7-й и 8-й размерных групп имеют две силовые установки, одна из которых смонтирована на шасси и предназначена для его привода, а другая установлена на поворотной части и служит для привода крановых механизмов.

Ходовые устройства кранов имеют от двух до пяти (в зависимости от грузоподъемности) осей, каждая из которых оборудована двумя или четырьмя пневмоколесами. Разворот управляемых пневмоколес передних осей выполняется с помощью гидроцилиндров. Привод ведущих осей осуществляется от одного или двух индивидуальных электродвигателей, расположенных на раме ходового устройства. Движение к ведущим колесам передается через коробку передач и карданные валы. На раме смонтировано унифицированное роlikовое опорно-поворотное устройство. Ходовые рамы пневмо-колесных кранов снабжаются основными и дополнительными выносными гидроуправляемыми опорами. На ходовую раму через опорно-поворотное устройство опирается пово-

ротная часть, на которой расположены дизель-генераторная установка, главная и вспомогательная грузовые лебедки, стреловая лебедка, механизм поворота, кабина машиниста с пультом управления и противовес.

Пневмоколесные краны оборудуются жесткими решетчатыми стрелами длиной до 15 м (основное оборудование), удлиненными прямыми стрелами длиной до 55 м, удлиненными стрелами с гуськами, башенно-стреловым оборудованием, состоящим из башни и маневровых гуськов.

Краны со стрелами, а также неуправляемыми гуськами могут быть оборудованы системой горизонтального перемещения груза при изменении угла наклона стрелы. При работе кранов возможно совмещение следующих операций: подъема или опускания грузов главной или вспомогательной лебедкой с подъемом или опусканием стрелы; подъема или опускания стрелы с поворотом поворотной части.

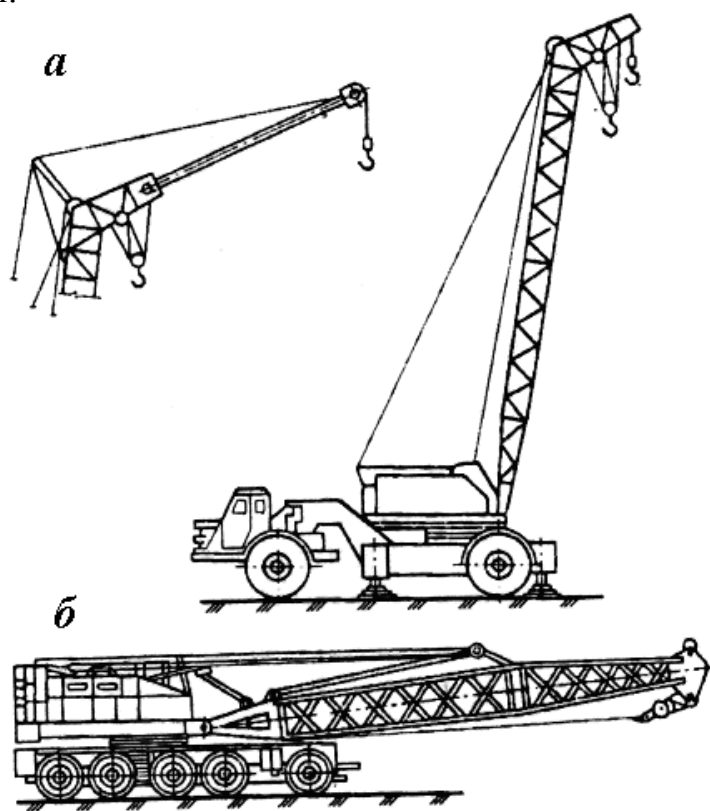


Рис. 4.52. Пневмоколесные краны

Крановое оборудование может быть смонтировано на полуприцепном ходовом устройстве с одним приводным мостом автомобильного типа, которое соединяется с седельным устройством одноосного тягача (рис. 4.52, а).

Шасси дизель-электрического крана грузоподъемностью 100 т (рис. 4.52, б) имеет пять мостов, из которых два приводных, а три являются управляемыми.

Кран оборудуют стрелами длиной 15...55 м без гуська и стрелами длиной 20...40 м с неуправляемым гуськом длиной 20 м; башенно-стреловым оборудованием, состоящим из башен-стрел длиной 25, 30, 35 и 40 м и управляемых гуськов длиной 15, 20, 25 и 30 м; мачтово-стреловым оборудованием, при котором управляемые гуськи длиной 30 м устанавливают на стрелы длиной 45, 50 и 55 м.

Пневмоколесные краны могут передвигаться вместе с грузом со скоростью до 2 км/ч, при этом грузоподъемность составляет не более 25...30% от номинальной. Транспортная скорость передвижения кранов не превышает 18 км/ч.

Гусеничные стреловые самоходные краны (рис. 4.44, 4.45) монтируют на базе специальных двухгусеничных шасси, обеспечивающих за счет большой опорной поверхности гусениц высокие проходимость и устойчивость машин. Такие краны имеют дизель-электрический привод и отличаются от пневмоколесных кранов конструкцией ходового устройства, способны работать без выносных опор, передвигаться с грузом и применяются на объектах с большими объемами строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. С их помощью ведут монтаж зданий и сооружений из крупноразмерных бетонных и железобетонных элементов, сборку строительных металлоконструкций, монтаж технологического оборудования и т.п. Гусеничные краны имеют небольшие транспортные скорости (до 1,0 км/ч), поэтому их перевозят с объекта на объект обычно на тяжеловозных прицепах – трейлерах. Гусеничные краны своим ходом перемещаются только в пределах строительной площадки. Они характеризуются удельным давлением на грунт не более 0,2 МПа.

Промышленность серийно выпускает гусеничные краны грузоподъемностью 16; 25; 40; 63; 100 и 160 т, которые оснащаются стреловым и башенно-стреловым оборудованием и могут работать как от собственного дизель-электрического агрегата, так и от внешней сети напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Ходовое устройство кранов состоит из двух гусеничных многоопорных тележек балансирного типа, соединенных между собой поперечными балками, несущими жесткую ходовую раму. На ходовой раме смонтированы узлы привода ходового оборудования и унифицированное роlikовое или шариковое опорно-поворотное устройство. Каждая гусеница ходового устройства имеет независимый электрический привод. Вращение ведущим звездочкам гусеничных тележек сообщается от индивидуальных электродвигателей через бортовые цилиндрические редукторы. Механизмы передвижения кранов имеют управляемые тормоза. Поворот всего крана производится за счет торможения одной из гусениц. К раме ходового оборудования крепится с помощью опорно-поворотного устройства рама поворотной части, на которой расположены дизель-электрический агрегат, портал, грузовые лебедки главного и вспомогательного подъемов, стреловая лебедка, механизм поворота, кабина машиниста с постом управления, электрооборудование и противовес. Ток к электродвигателям ходового устройства на неповоротной части крана подается через кольцевой токосъемник.

При работе кранов возможно совмещение операций: подъема (опускания) груза с подъемом (опусканием) стрелы или управляемого гуська, подъема (опускания) груза главной или вспомогательной лебедкой с поворотом платформы. Гусеничные и пневмоколесные краны оснащают ограничителями грузоподъемности, конечными выключателями подъема и опускания стрелы и управляемого гуська, опускания башни, ограничителями сматывания канатов с главной и вспомогательной грузовых лебедок и блокировки люка кольцевого

токоъемника, указателями наклона крана, грузоподъемности и крайних положений гуська, различными сигнализаторами и приборами освещения.

Краны-трубоукладчики представляют собой специальные самоходные гусеничные и колесные машины с боковой стрелой, которые являются основными грузоподъемными средствами на строительстве трубопроводов. Они предназначены для укладки в траншею трубопроводов, для сопровождения очистных и изоляционных машин, поддержания трубопроводов при сварке, погрузки-разгрузки труб и плетей, а также для выполнения различных строительного-монтажных работ.

Основные рабочие движения трубоукладчика: подъем и опускание груза, передвижение крана вместе с грузом, изменение вылета стрелы с грузом.

Кроме основного грузоподъемного оборудования краны-трубоукладчики могут быть оснащены бульдозерным, рыхлительным, бурильно-крановым и сваебойным оборудованием. С помощью трубоукладчика с соответствующим навесным оборудованием можно срезать, планировать и перемещать грунт, засыпать траншеи, рыхлить мерзлые грунты, бурить шпур и скважины, сооружать свайные основания трубопроводов, зданий и сооружений и т.д. Трубоукладчики используются также в качестве тягачей.

Кран-трубоукладчик состоит из базовой машины, навесного грузоподъемного оборудования, трансмиссии, системы управления и приборов безопасности. Основным силовым оборудованием кранов-трубоукладчиков служит дизельный двигатель базового тягача. Привод исполнительных механизмов кранов-трубоукладчиков может быть одно моторным (механическим) и много моторным (гидравлическим), ходовое устройство – гусеничным и пневмоколесным, подвеска стрелы – гибкой или жесткой.

Основные параметры кранов-трубоукладчиков – момент устойчивости и грузоподъемность.

Индекс трубоукладчиков включает буквенную и цифровую части. Первые две буквы индекса ТГ обозначают трубоукладчик гусеничный, ТК – трубоукладчик колесный.

Первые цифры обозначают грузоподъемность трубоукладчика (в т), последняя – порядковый номер данной модели. После цифр в индексе могут стоять буквы, обозначающие очередную модернизацию (А, Б, В,...) и климатическое исполнение машины (ХЛ – северное, Т – тропическое). Например, индексом ТГ-124А обозначен трубоукладчик грузоподъемностью 12т, четвертой модели, прошедший первую модернизацию. Гусеничные краны-трубоукладчики базируются на серийно выпускаемых промышленных гусеничных тракторах трубоукладочных модификаций или на переоборудованных промышленных тракторах. Гусеничные ходовые тележки базовых тягачей имеют, как правило, жесткую подвеску, расширенную колею, удлиненную базу, дополнительные бортовые редукторы для повышения тягового усилия, гидромеханические ходоуменьшители для получения «ползучих» скоростей, передвижения в диапазоне 0,1...0,6 км/ч.

Грузоподъемное оборудование крана-трубоукладчика (рис. 4.53) монтируется на специальной раме (портале) 10 и включает грузовую неповоротную в

плане стрелу 6, механизмы изменения вылета стрелы и подъема груза, контргруз 2 со стрелой и устройством 3 для его откидывания, узлы трансмиссии и управления.

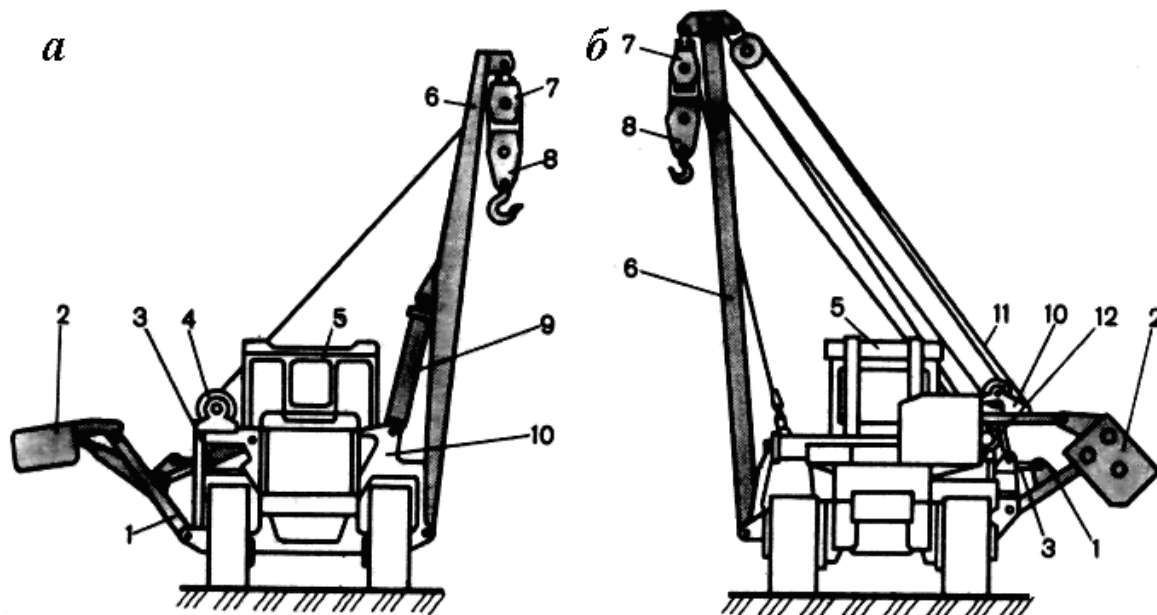


Рис. 4.53. Гусеничные краны-трубоукладчики

Стрела шарнирно крепится на двух кронштейнах гусеничной тележки или рамы с левой стороны по ходу движения базового трактора 5. Подъем и опускание (изменение вылета) стрелы с гибкой подвеской осуществляются стреловой лебедкой 12 через полиспаст 11, с жесткой подвеской – одним или двумя гидроцилиндрами двойного действия 9. К оголовку стрелы прикреплена подвесная обойма 7, которая совместно с крюковой подвеской 8 и грузовым канатом образует грузовой полиспаст. Способ подвески стрелы определяет конструкцию лебедки трубоукладчика. При гибкой подвеске стрелы лебедка имеет два барабана – стреловой и грузовой. Гидравлический привод механизма изменения вылета стрелы позволяет выполнять лебедки 4 однобарабанными, предназначенными только для подъема-опускания груза.

Лебедки трубоукладчиков с гидравлическим приводом имеют независимый индивидуальный привод грузового и стрелового барабанов, осуществляемый от аксиально-поршневых гидромоторов через цилиндрические редукторы. Барабаны оборудуются ленточными нормально замкнутыми тормозами, автоматически размыкаемыми гидравлическими толкателями при включении гидромоторов.

Для увеличения грузовой устойчивости крана-трубоукладчика при работе с правой стороны машины располагается контргруз с изменяемым вылетом. Откидывание и возврат (изменение вылета) контргруза производятся, как правило, гидроцилиндром двойного действия, что позволяет фиксировать контргруз в любом промежуточном положении. Механизм откидывания контргруза 2 включает стрелу 1 и гидроцилиндр 3.

Колесные трубоукладчики смонтированы на высокопроходимом и высокоманевренном четырехколесном шасси со всеми ведущими колесами и устройством поворота машины в виде бортовых фрикционов.

При повороте один борт тормозится, а радиус поворота имеет минимальное значение, что обеспечивает возможность работы в стесненных условиях.

Высокая маневренность колесных трубоукладчиков обеспечивает:

- выполнение строительно-монтажных работ в городе (без повреждения асфальтового покрытия);
- возможность работы в стесненных городских условиях (на проезжей части и во дворах);
- мобильность при перебазировании машины с объекта на объект;
- возможность использования трубоукладчика в качестве тягача для доставки на объекты сварочных агрегатов, прицепов с трубами, блоками и строительными материалами.

Грузоподъемное оборудование колесных трубоукладчиков – однобарабанная лебедка, телескопическая стрела, механизм привода насосов и гидравлическая система. Изменение угла наклона стрелы производится гидроцилиндром. Для изменения длины стрелы служит длинноходовой гидроцилиндр, установленный внутри стрелы.

Телескопическая стрела позволяет эффективно эксплуатировать машину в стесненных городских условиях, при этом длину стрелы можно изменять при наличии груза на крюке.

Безопасность эксплуатации трубоукладчиков обеспечивают автоматические ограничители высоты подъема крюка; указатели продольного и поперечного крена машины; автоматические сигнализаторы опасного напряжения; электрические указатели грузового момента; гидравлические указатели фактической нагрузки на стреле.

Гусеничные краны-трубоукладчики имеют грузоподъемность 6,3...80 т, колесные – 6,3 и 8 т.

Специальные стреловые краны на рельсовом ходу подразделяются на железнодорожные (установленные на железнодорожных платформах), стреловые и башенно-стреловые. В их конструкциях могут использоваться сборочные единицы гусеничных кранов.

Стреловые краны нулевого цикла предназначены для выполнения строительно-монтажных работ в жилищном, гражданском и промышленном строительстве. В конструкциях кранов нулевого цикла широко использованы унифицированные узлы и механизмы серийно выпускаемых башенных кранов. Составные части стреловых кранов на базе башенных кранов 4-й размерной группы (рис. 4.54, а): ходовая рама с тележками, опорно-поворотное устройство, поворотная платформа с установленными на ней крановыми механизмами, подъемной стрелой, кабиной машиниста, стойкой с подкосом и балластом. Стрелы кранов секционные прямоугольного сечения и состоят из корневой, головной и трех промежуточных секций. Стрела крепится непосредственно на поворотную платформу крана.

Краны могут быть собраны в нескольких исполнениях, отличающихся длиной стрелы, грузоподъемностью и грузовым моментом. Краны могут быть снабжены сменной опорной вставкой, выполняющей функции короткой башни (рис. 4.54, б), что позволяет использовать его также для строительства мало-

этажных зданий. С объекта на объект краны перевозят на подкатной тележке с помощью седельного тягача. Грузоподъемность кранов 5...32 т, вылет крюка 7...37 м, высота подъема крюка 4,8...32 м, скорость плавной посадки груза 1,3...2,5 м/мин.

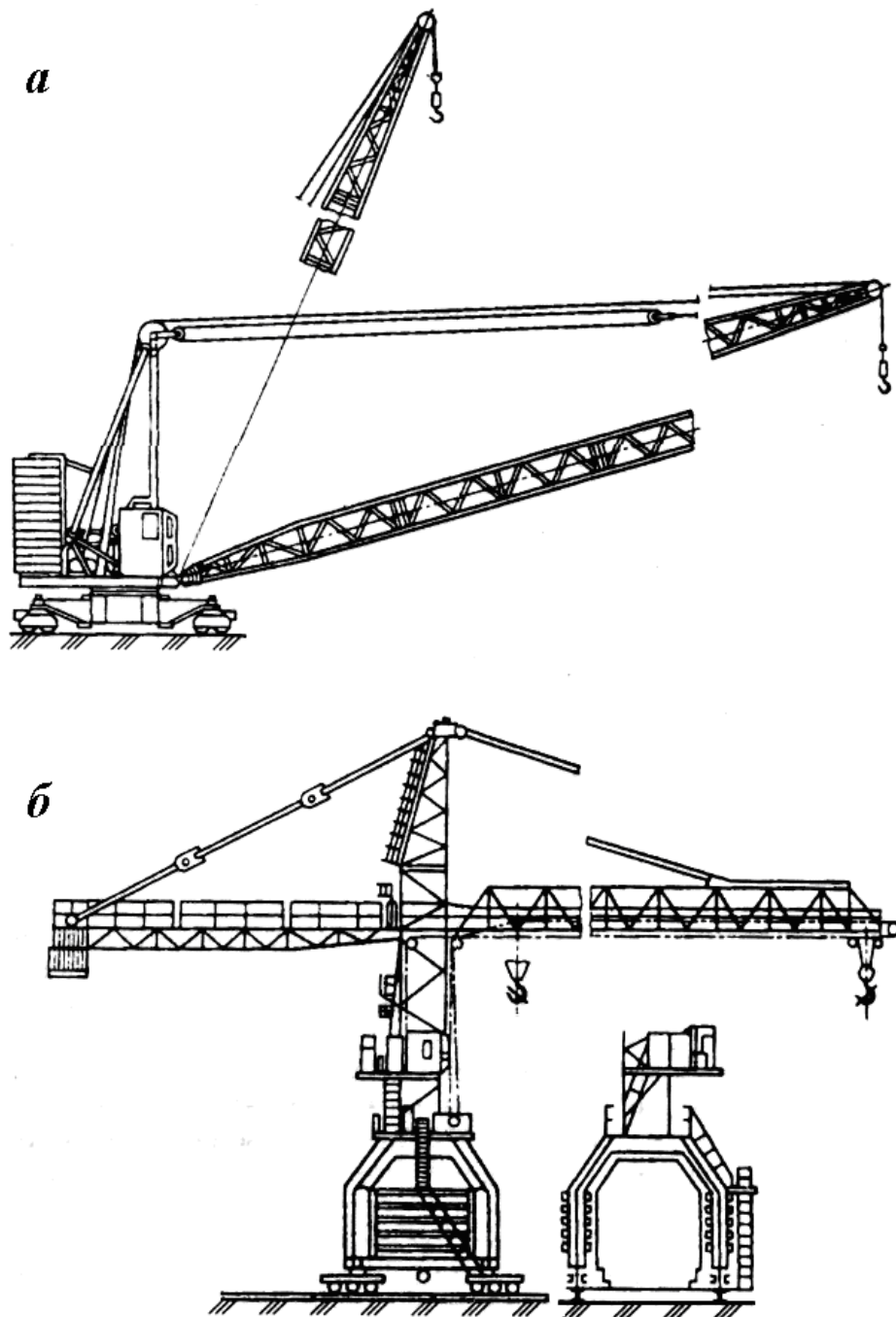


Рис. 4.54. Специальные рельсовые краны

Кран нулевого цикла с грузовым моментом 400 т·м на базе башенного крана 6-й размерной группы имеет укороченную башню и удлиненную (до 50 м) балочную стрелу. Высота подъема при максимальном вылете крюка 17 м. Глубина опускания не менее 5 м.

Краны с высоким порталом (рис. 4,54, б) предназначены для перегрузочных работ на складах, имеющих железнодорожные подъездные пути, так как портал рассчитан на пропуск между опорами крана железнодорожных вагонов нормальной колеи.

Легкие полноповоротные стреловые краны грузоподъемностью 1...2 т (рис. 4,55) применяют для подъема различных строительных материалов и санитарно-технического оборудования на строящееся здание, при монтаже мощных вентиляционных устройств, при производстве монтажных и обмуровочных работ в котельных, а также для подъема грунта в бадьях при разработке небольших котлованов и траншей. Рабочие движения крана – подъем (опускание) груза и поворот стрелы с поднятым грузом в плане на 360° . Эти краны установлены на катках и перемещаются на объекте с помощью автомобиля или вручную. Поворот платформы со стрелой кранов также осуществляется вручную или механическим приводом. Вылет стрелы у многих кранов постоянный, но есть конструкции, у которых вылет можно изменять с помощью канатных полиспастов или вручную винтовыми стяжками. Механизм подъема груза состоит из реверсивной лебедки с приборами управления, грузового каната и крюковой подвески.

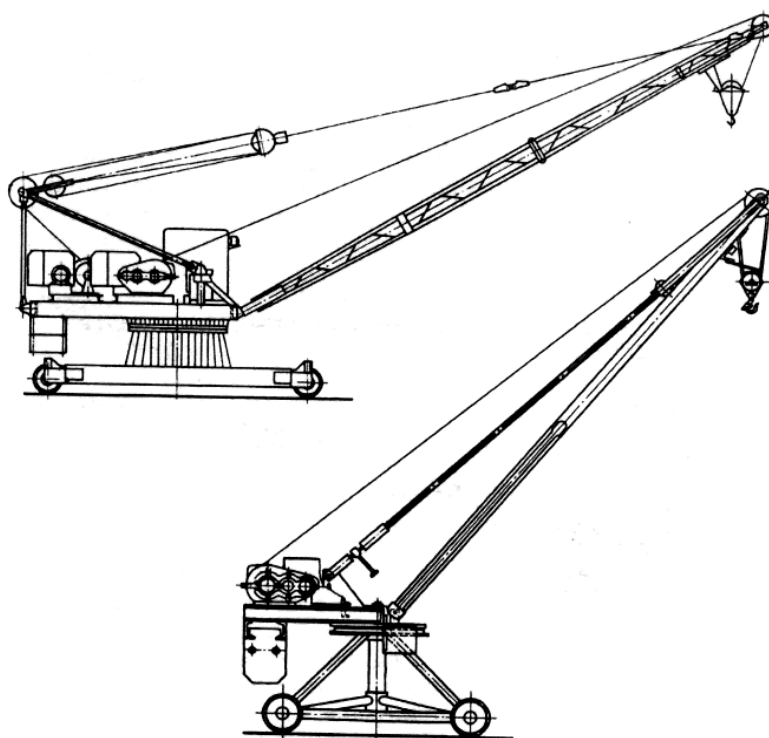


Рис. 4.55. Стреловые полноповоротные переносные краны

Рычажный ограничитель высоты подъема крюка отключает двигатель лебедки при подходе крюковой обоймы к крайнему верхнему положению.

Наибольший вылет стрелы кранов 3...4 м, наименьший – 2,0 м. Высота подъема крюка 4,5...8 м (при установке на земле) и 30...50 м при установке на здании. Управление кранами осуществляется с выносного пульта. Транспортировка кранов производится без разборки в кузове бортового автомобиля.

4.6. Мостовые, козловые и специальные краны

Мостовые краны являются основным грузоподъемным оборудованием закрытых и открытых складов, производственных цехов. В строительстве применяют мостовые краны общего назначения для погрузочно-разгрузочных работ в условиях заводов или полигонов железобетонных конструкций. Краны, используемые в строительных организациях, имеют грузоподъемность до 50 т,

высоту подъема не более 16 м, скорость подъема груза 8...10 м/мин, скорость передвижения тележки до 40 м/мин, а передвижения моста 80...100 м/мин.

К мостовым кранам общего назначения относятся крюковые краны с гибким подвесом груза, а также магнитные и грейферные краны, снабженные съемным электромагнитом или грейфером. Крюковые опорные *двухбалочные краны* грузоподъемностью 5...50 т регламентированы ГОСТ 25711-83, грузоподъемностью 80...500 т – ГОСТ 6711-86, а технические условия – ГОСТ 24378-80.

Мосты кранов с грузовой тележкой выполняют двухбалочными (коробчатыми и ферменными) или однобалочными, а с талью ручной или электрической – однобалочными (кран-балки).

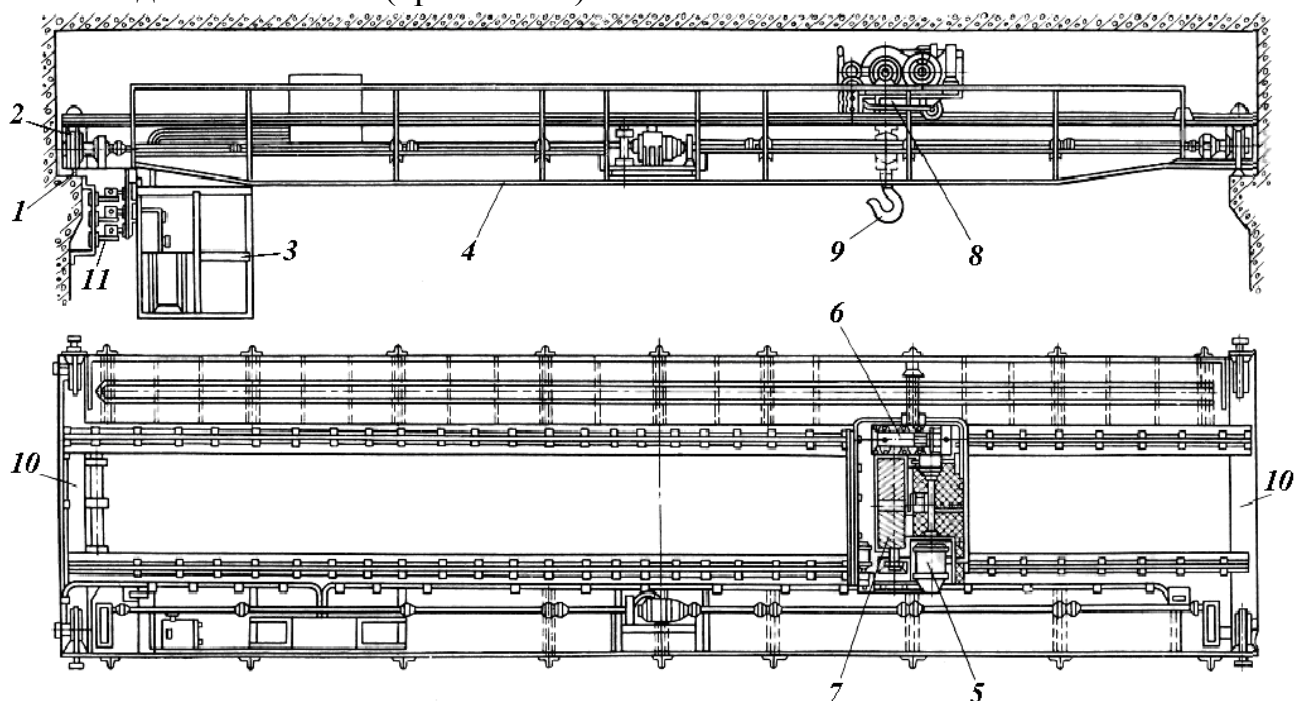


Рис. 4.56. Мостовой кран

Например, в мостовом кране, приведенном на рис. 4.56, двухбалочный мост 4 коробчатого сечения, составляет единую раму с концевыми балками 10, колеса 2 которых передвигаются по рельсам 1 эстакады. Подвод энергии осуществляется с помощью токоподводящих шин или троллейных проводов и токосъемных контактов 11 или же с помощью гибкого кабеля, длина которого несколько превышает длину пути перемещения мостового крана. Витки гибкого кабеля собираются или растягиваются на натянутой проволоке или тонком стальном канате.

Механизм подъема груза располагается на раме грузовой тележки 8 и представляет собой однобарабанную лебедку со сдвоенным полиспастом и расположением барабана, обычно, поперек моста, чем независимо от высоты подъема достигается перемещение груза по осевой линии крана при передвижении грузовой тележки. Механизм подъема включает в себя электродвигатель 5, редуктор 6, канатный барабан 7, крюк 9. Для вспомогательных операций (ускорения подъема легких грузов) возможна установка второго механизма подъема.

Кабина управления 3 располагается на мосту крана в месте, обеспечивающем наилучший обзор и безопасность работы крановщика. При редком использовании и малой грузоподъемности применяют краны с ручным пультом управления. Грузовые тележки, а иногда и мосты могут иметь токоподвод в виде гибкого подвесного кабеля на передвижных supports.

Механизмы передвижения мостов с относительно малыми пролетами выполняют с центральным приводом от электродвигателя, передающего вращение через быстроходные валы и редукторы к ходовым колесам крана. *Механизм передвижения грузовой тележки* располагается на ней и имеет привод от электродвигателя, передающего через редуктор вращение ходовым колесам тележки. Ходовые колеса кранов выполняют двухребордными. В четырехколесных механизмах приводными являются два колеса. Ходовые колеса грузовых тележек выполняют двух- и одноребордными. В качестве подкрановых рельсов применяют железнодорожный рельс Р24 по ГОСТ 6368-82 или квадрат 50 по ГОСТ 2591-71. Рельсы на эстакаде и на мосту крана имеют концевые упоры, а кран и грузовая тележка снабжены буферами для смягчения удара об упоры в крайних положениях. Крановая эстакада состоит из фундамента, колонн и подкрановых балок, по которым уложены рельсы. Механизмы крана оборудованы электромагнитными тормозами и концевыми выключателями, ограничивающими перемещения моста, тележки и подъем крюка.

Пролеты (расстояние между осями подкрановых рельсов) опорных мостовых кранов всех типов и грузоподъемностей, предназначенных для работы в зданиях с пролетами до 36 м включительно и на подкрановых эстакадах, выбирают по ГОСТ 534-78. При установке на одном подкрановом пути двух и более мостовых кранов разной грузоподъемности пролет их выбирают по крану наибольшей грузоподъемности.

Мостовые краны с ручным приводом регламентированы ГОСТ 7075-80 (3,2...20 т). В качестве грузовой тележки они имеют ручную передвижную таль и могут быть однобалочными или двухбалочными. Подвесные ручные кран-балки (0,5...5 т) при пролете до 10 м регламентированы ГОСТ 7413-80. Крюковые однобалочные краны, имеющие в качестве грузовой тележки самоходную электрическую таль (кран-балки), могут быть опорными или подвесными. Требования к *однобалочным опорным кранам* (кран-балкам) грузоподъемностью 1...5 т с пролетами 4,5...28,5 м регламентированы ГОСТ 22045-82.

Козловые краны разделяют на монтажные и общего назначения. Краны общего назначения имеют грузоподъемность до 5 т. монтажные – до 500 т. Размеры пролета и высоты подъема груза устанавливают в зависимости от технологического назначения. Козловые краны применяются в строительстве для монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. Например, на строительстве мостов они используются не только для основных монтажных работ, но и для предварительной сборки конструкций на приобъектных складах.

Принцип действия козловых кранов такой же, как и у мостовых. Несущей конструкцией козлового крана (рис. 4.57) является мост 2 с двумя опорами 7. По мосту крана перемещается грузовая тележка 3 с грузозахватным устройством. Опоры крана устанавливаются на ходовые тележки 8, каждая из которых

перемещается по двурельсовому пути. Мосты кранов малой (до 5 т) грузоподъемности изготавливают в виде пространственной трехпоясной фермы и ездовой балки двутаврового профиля, по которой передвигается электроталь. Мосты кранов средней и большой грузоподъемности выполняются в виде четырехпоясной решетчатой фермы прямоугольного или трапецеидального сечения. Грузовая тележка этих кранов может перемещаться по нижнему или верхнему поясу моста. Распространены комбинированные конструкции кранов, у которых по верхнему поясу перемещается грузовая тележка основного, а по нижнему – вспомогательного механизма 9 меньшей грузоподъемности. Мосты кранов выполняются с консолями и без них. Длина консолей достигает 25...30% от длины пролета. В этом случае тележка вспомогательного подъема перемещается по всей длине пролетного строения. При больших пролетах одна из опор крана обычно жестко соединяется с мостом, а другая – шарнирно. Шарнирная опора устраняет опасность заклинивания ходовых тележек при температурных изменениях или изменении положения подкрановых путей. При небольших пролетах обе опоры могут быть жесткими.

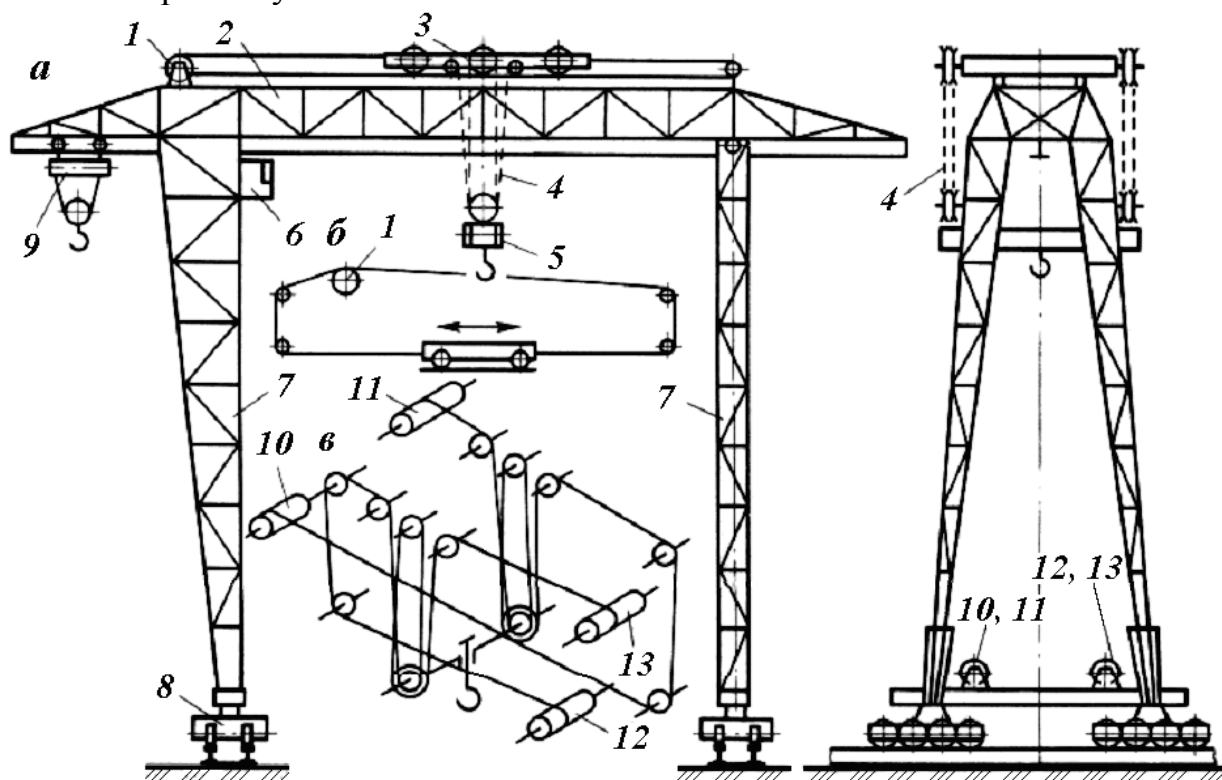


Рис. 4.57. Козловой кран грузоподъемностью 100 т:

а – схема крана; *б* – схема запасовки канатов механизма передвижения тележки; *в* – то же, механизма подъема груза

Передвижение грузовой тележки вдоль моста осуществляется с помощью канатов и электрореверсивной лебедки 1 (рис. 4.57, б). Механизм подъема имеет два полиспаста 4, расположенных симметрично с обеих сторон моста и работающих на общую траверсу 5. Верхние блоки полиспастов установлены в подшипниках тележки, а нижние – на траверсе. У тяжелых монтажных кранов для достижения малых скоростей посадки груза для механизма подъема применяют четыре лебедки (рис. 4.57, в). При такой подвеске скорости подъема (опускания) можно изменять в широких пределах путем включения всех лебедок, либо

лебедок 10 и 11 или 12 и 13, либо лебедок 10 и 11 в одну сторону, а лебедок 12 и 13 – в другую. Для уменьшения нагрузки на мост грузовые и тяговые лебедки располагают на опорах или на жестких поперечных балках, соединяющих стойки опоры. Управление краном осуществляется из кабины 6. На ходовых тележках устанавливают противоугонные захваты с отдельным приводом. Анемометр при ураганном ветре автоматически включает в работу двигатель захвата.

Представленный на схеме козловой монтажный кран может использоваться при монтаже котлов тепловых электростанций при открытой установке оборудования и имеет грузоподъемность главного подъема 100 т, вспомогательного 10 т, высоту подъема 37,5 м, пролет 31 м, массу 225 т.

Электроэнергия к крану подводится гибким кабелем или троллейными проводами. Так как обычно краны передвигаются по путям значительной длины, то для сохранения кабеля на многих кранах применяются кабельные барабаны. Электрооборудование козловых кранов работает в основном на переменном токе напряжением 380 В.

С объекта на объект козловые краны перебазированы в разобранном виде. Монтаж козловых кранов может производиться различными методами.

Монтаж козловых кранов осуществляется с помощью одного или двух мобильных кранов (гусеничного, автомобильного, пневмоколесного) или с помощью одной, двух или четырех подъемных мачт. Мост крана собирают на земле и укладывают поперек подкранового пути на шпальные клетки, а затем путем поочередного подъема то одной, то другой его стороны монтируется сначала жесткая, а потом шарнирная опора крана.

Большинство козловых кранов – самомонтирующиеся. Мост крана стреловым краном укладывают на шпальные клетки. Ходовые тележки устанавливают на рельсы, стойки опор соединяют шарнирно с поясом моста и тележками, затем левые и правые стойки стягивают лебедкой и устанавливают кран в рабочее положение. Стойки опор внизу соединяют жесткими поперечинами (затяжками опор крана).

Кабельные краны применяются на строительстве плотин, мостов при монтаже сборных конструкций и сооружений опор мостов, при разгрузке и погрузке барж и т.д.

Кабельный кран (рис. 4.58) имеет две трубчатые или решетчатые стальные башни, между которыми натянут несущий стальной канат закрытой конструкции (рис. 2.40, а, б, в). По этому канату на колесах движется грузовая тележка с закрепленным на ней грузовым полиспастом и крюковой обоймой. Тележка перемещается тяговым канатом при помощи одной или двух лебедок.

Кабельные краны делятся на следующие типы (рис. 4.58, б): *I* – стационарные, у которых обе башни закреплены неподвижно (обслуживают только одну линию); *II* – качающиеся, у которых обе башни могут быть наклонены в каждую сторону до 8° благодаря изменению длины боковых вант при помощи ручных лебедок (обслуживают узкий участок прямоугольной формы); *III* – передвижные, у которых обе башни располагаются на ходовых тележках, передвигающихся по рельсовым путям (обслуживают прямоугольный участок, размер сторон которого определяется расстоянием между башнями и длиной рель-

сового пути); *IV* – радиальные, у которых одна из башен неподвижная, а вторая передвигается по дуге окружности (обслуживают участок, имеющий форму сектора круга).

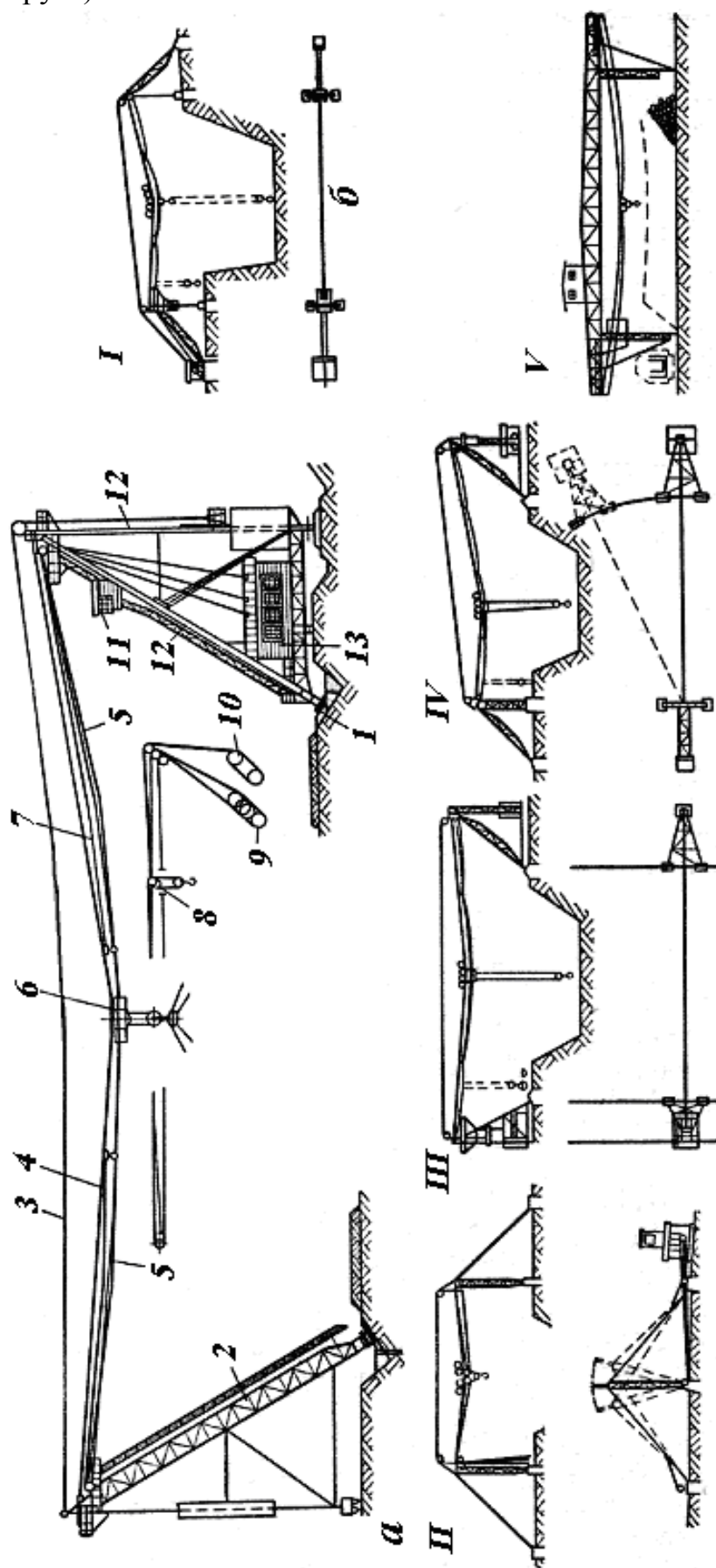


Рис. 4.58. Кабельные краны:

a – принципиальная схема крана; *б* – типы кабельных кранов:

I – стационарные; *II* – качающиеся; *III* – продольно-подъемные; *IV* – радиально-подъемные; *V* – мостовые; *1* – ходовая тележка; *2* – хвостовая башня; *3* – канат для подвески соединительных электропроводов; *4* – несущий канат; *5* – тяговый канат; *6* – грузовой канат; *7* – подъемный канат; *8* – подъемный полнотканый; *9* – барабан тягового лебедки; *10* – барабан подъемной лебедки; *11* – кабина крановщика; *12* – машинная башня; *13* – машинное помещение

На строительстве мостов применяются, в основном, стационарные кабельные краны и реже – качающиеся. Грузоподъемность кабельных кранов 5...25 т. Длина пролета 250...500 м (в отдельных случаях пролет достигает 1000 м). Высота башен крана определяется рельефом местности и величиной пролета исходя из максимального провисания каната. Скорость передвижения тележки по канату составляет 3,5...8 м/сек, скорость подъема груза – 1...2 м/сек. Работой крана управляют из машинного помещения, которое располагается возле одной из опор. В машинном помещении устанавливаются электролебедки, снабженные индикатором, который позволяет машинисту точно знать местоположение грузовой тележки. Грузовая тележка кабельного крана состоит из ходовых колес (от двух до восьми), соединенных балансирами, благодаря чему достигается равномерное распределение нагрузки на несущий канат.

Основными канатами кабельных кранов являются несущий, подъемный и тяговый; несущий канат, как правило, – закрытой конструкции; подъемный и тяговый – многопрядевые, крестовой свивки.

Для сохранения постоянного расстояния между канатами (во избежание их перепутывания) применяются специальные поддержки различных конструкций. По типу крепления различают подвижные и неподвижные поддержки. Подвижные поддержки (рис. 4.59) передвигаются при помощи тягового каната или при помощи грузовой тележки. Неподвижные поддержки крепятся к несущему канату на определенном расстоянии друг от друга. Некоторые конструкции неподвижных поддержек раскрываются для пропуска грузовой тележки, другие отклоняются в сторону и таким образом пропускают тележку.

Несущий канат кабельного крана воспринимает растягивающие усилия, возникающие от веса тележки с грузом и от собственного веса каната. Приближенно усилие в канате можно рассчитывать по следующей формуле:

$$T = 1,1 \cdot \left[\frac{(Q + P)L}{4h} + \frac{gL}{8h} \right],$$

где Q – вес тележки с полиспастом в кГ; P – вес груза в кГ; L – пролет крана в м; h – стрела провеса каната под грузом в м (приближенно принимается $h = 0,05L$); g – вес 1 м каната в кГ.

Длина пролета крана определяется по формуле:

$$L = l_1 + l_2 + 2 \cdot l_3,$$

где l_1 – длина моста в м; l_2 – длина площадки для подготовительных работ; l_3 – длина участков возле опор, на которые тележка заходить не может.

Высота опор кабельного крана определяется по формуле:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h,$$

где h_1 – высота верхней точки строящегося моста по отношению к нулевым отметкам устанавливаемых опор в м; h_2 – габарит монтируемого элемента моста, включая размеры стропов, в м; h_3 – запас высоты в м, необходимый при монтаже, ($h_3 = 1...2$ м); h – стрела провеса при подъеме расчетного груза в м.

При монтаже кабельного крана несущему канату необходимо задать первоначальный провес h_0 . Первоначальный провес можно принять: $h_0 < 0,5 h$.

Строительство мостов и других транспортных сооружений имеет ряд специфических условий (значительные вес и размеры монтируемых мостовых конструкций, установка кранов в сложных условиях, иногда на самих монти-

руемых конструкциях, и т.п.). Поэтому при монтаже мостов и путепроводов наряду с кранами общего назначения применяется специальное крановое оборудование: мачтово-стреловые краны с большим вылетом, краны-шевры, шлюзовые, консольные, а также плавучие краны и др.

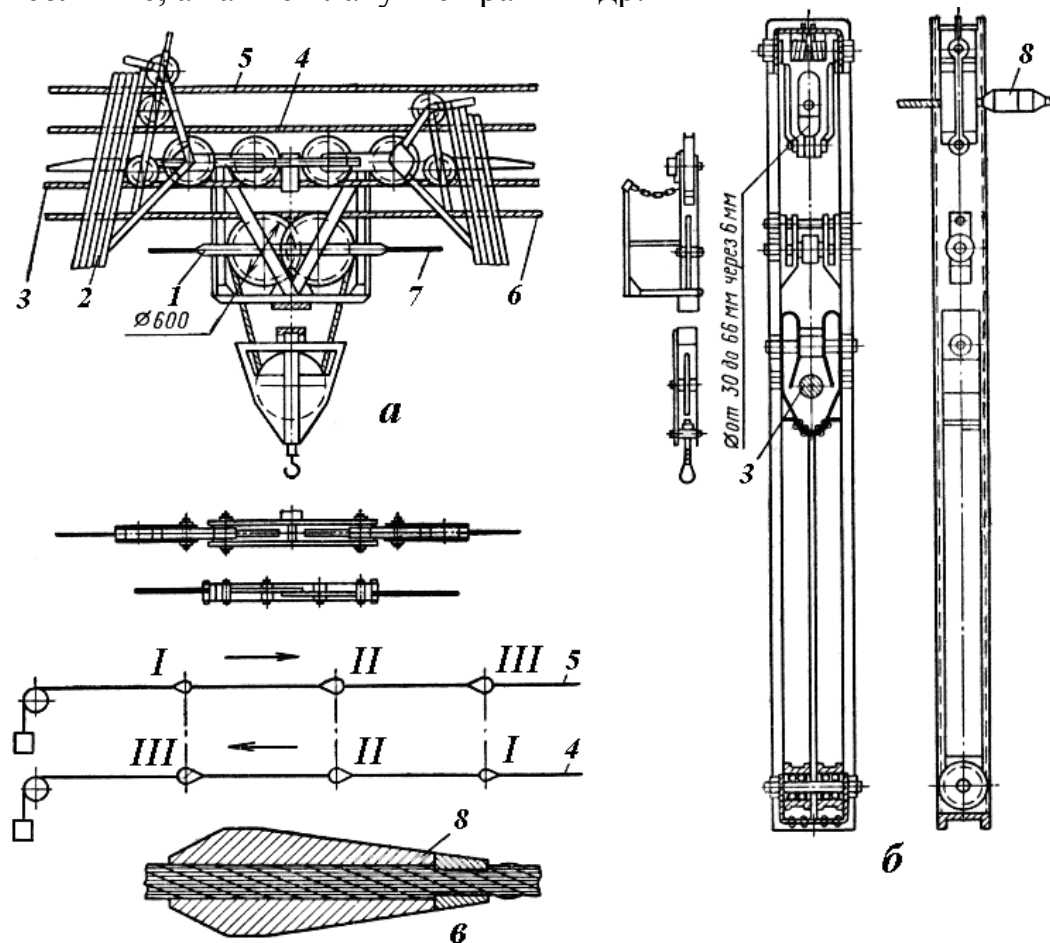


Рис.4.59. Грузовая тележка и кулачковая поддержка кабельного крана:

а – схема тележки; *б* – схема расположения кулачков на кулачковых канатах; *в* – поддержка; 1 – тележка; 2 – под-
держки; 3 – несущий канат; 4, 5 – нижний и верхний кулачковые канаты; 6 – подъемный канат; 7 – тяговый канат; 8
– кулачок

Мачтово-стреловые краны или деррик-краны имеют стационарную мачту, удерживаемую канатными растяжками (вантовые) или подкосами (жестконогие). Стрела крана крепится к мачте и поворачивается вместе с мачтой специальной лебедкой. При креплении стрелы в средней или нижней части мачты она выполняется подъемной. Механизмы устанавливаются вне радиуса действия крана. Разновидностью мачтовых кранов является кран с неподвижной мачтой, на верхнюю часть которого надет поворотный оголовок со стрелой и противовесом. Ванты такого крана крепятся ниже поворотного оголовка и поэтому не мешают вращению стрелы.

Конструктивным недостатком мачтовых кранов, у которых стрела подвешена в средней или верхней части мачты, являются значительные изгибающий и крутящий моменты, возникающие в мачте. Недостатком мачтово-стреловых кранов, особенно вантовых, является малая маневренность. Поэтому вантовые краны находят ограниченное применение непосредственно на строительных площадках (они чаще применяются на складах строительных материалов): однако простота их устройства и большая грузоподъемность делают их

иногда незаменимыми при монтаже других кранов (козловых, консольных, башенных и т.п.).

Преимуществом жестконогих мачтово-стреловых кранов перед стреловыми самоходными кранами (пневмоколесными, гусеничными и др.) является большая величина вылета, т.е. при равной грузоподъемности они имеют больший грузовой момент. Поэтому при монтаже мостов и путепроводов жестконогие краны, позволяющие работать на больших вылетах, получили значительное распространение.

Мачта закреплена в опорной плите и может вращаться при помощи лебедки, причем на барабане лебедки навито несколько витков каната, оба конца которого закреплены на поворотном круге. Угол поворота мачты составляет $240...250^\circ$. Иногда в механизме поворота применяются зубчатые или цевочные передачи.

Жестконогие краны могут быть стационарными и передвижными. Стационарные устанавливают на подмостях монтируемых конструкций, фундаментах и т.п. Для увеличения грузового момента жестконогих кранов при монтажных работах дополнительно закрепляют задние опоры. Передвижные краны для этой цели снабжены специальными якорями. Иногда для повышения устойчивости применяют противовесы. По назначению жестконогие краны делятся на монтажные и универсальные. К монтажным кранам относятся краны УМК-1 и УМК-2, к универсальным – ГМК-12/20 и ДК-45/60.

Монтажные краны УМК-1 и УМК-2 (рис. 4.60), унифицированные между собой, предназначены для монтажа типовых пролетных строений железнодорожных мостов. При монтаже пролетных строений автодорожных мостов необходима переделка ходовой части крана применительно к существующим расстояниям между фермами и конструкциями балок проезжей части.

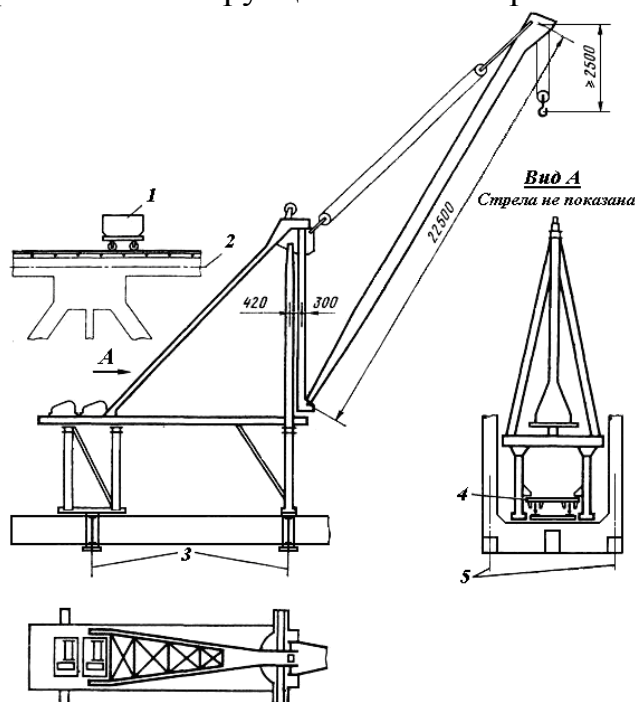


Рис. 4.60. Деррик-кран УМК-2, установленный на проезжей части собираемого пролетного строения моста: 1 – кран-балка для монтажа верхних связей; 2 – ось верхнего пояса главной фермы; 3 – оси поперечных балок проезжей части; 4 – тележка для перемещения крана; 5 – оси главных ферм

В зависимости от типа пролетных строений и способа монтажа сборка кранов типа УМК возможна в двух вариантах. Первый вариант сборки используется при монтаже пролетных строений с ездой понизу при установке крана на верхних поясах ферм. Второй применяется при установке крана на проезжей части внутри габарита пролетного строения, а также при монтаже пролетного строения с ездой поверху. Опоры крана закрепляются на балках с помощью винтовых анкеров.

При установке на проезжей части краны типа УМК (второй вариант сборки) ходовыми частями не оснащают. В этом случае при перемещении крана используется специальная тележка, передвигающаяся по временному рельсовому пути. Вывешивание крана для передвижения осуществляется домкратами.

Краны типа УМК оснащены двумя лебедками для подъема стрелы и груза. Мачта поворачивается с помощью цевочной передачи. Грузоподъемность кранов УМК-1 и УМК-2 соответственно 10 и 20 т.

Универсальные жестконогие краны типа ГМК-12/20 и ДК-45/60 (рис. 4.61) применяются при общестроительных работах и монтаже пролетных строений. В качестве сменного рабочего органа применяется грейфер. Грузоподъемность кранов соответственно 20 и 60 т.

Краны имеют раму, на которой монтируются лебедки и другие механизмы крана, а также кабина управления и аппаратура. Ширина колеи крана изменяется при монтаже пролетных строений путем изменения угла между подкосами в плане. Стрела поворачивается с помощью лебедки.

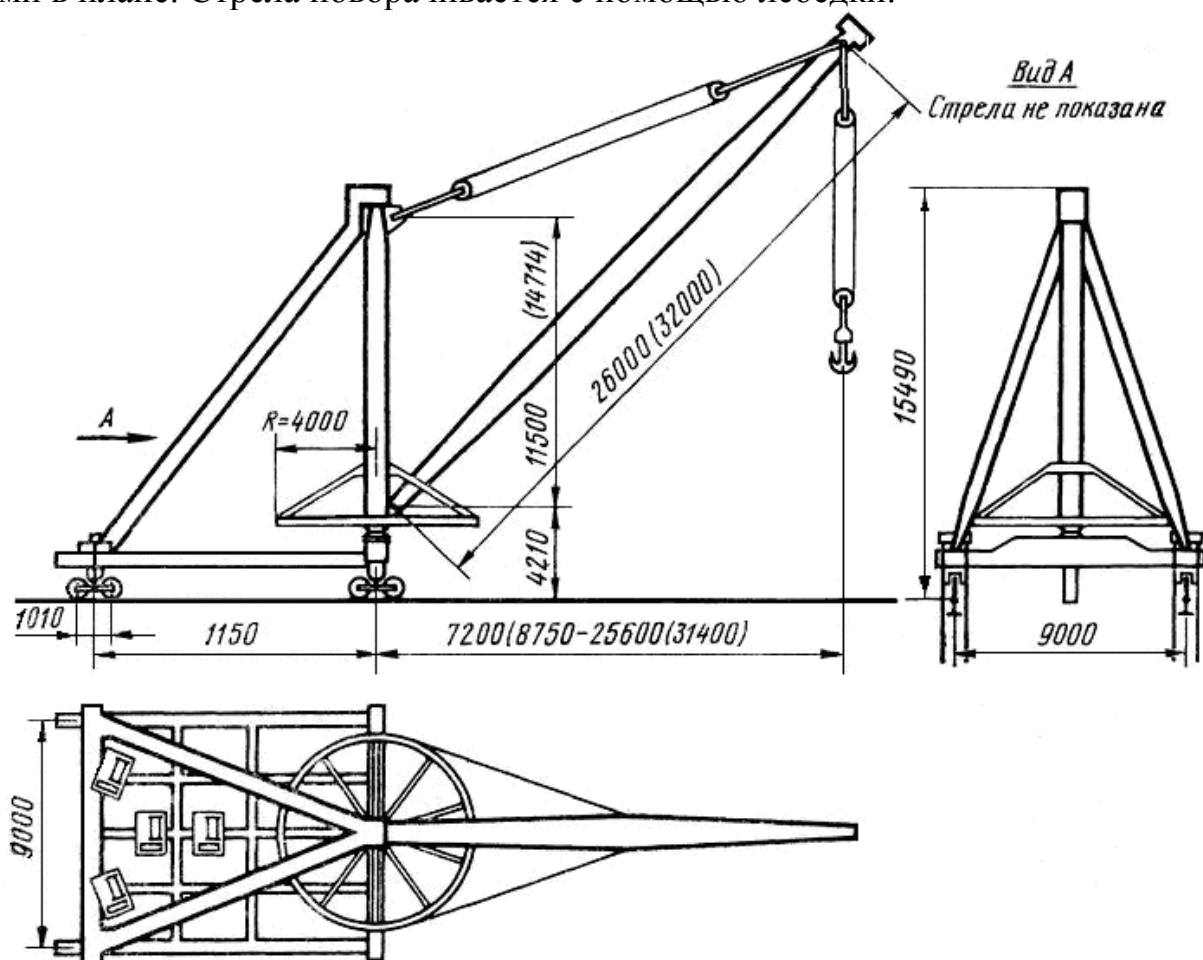


Рис. 4.61. Деррик-кран ДК-45/60

Создан унифицированный ряд жестконогих самоходных поворотных кранов с электрическим приводом грузоподъемностью 10, 25 и 63 т. Каждый из механизмов крана имеет индивидуальный электропривод. Механизмы подъема груза и поворота стрелы обеспечивают минимально необходимые монтажные скорости. В качестве сменного рабочего оборудования применяется грейфер. Мачта свободно опирается в шарнире опорно-поворотного устройства; стрела закреплена на раме машинного помещения, которая, в свою очередь, установлена на поворотной части опорно-поворотного устройства. При этом мачта воспринимает только вертикальные нагрузки, без изгибающих моментов, поэтому элементы мачты изготавливаются облегченной конструкции по сравнению с мачтой, работающей на изгиб. Наличие опорно-поворотного устройства значительно облегчает и улучшает работу механизма вращения крана.

Консольные краны предназначены для установки цельноперевозимых пролетных строений, а также сборных конструкций мостовых опор. Простейший тип консольного крана представляет собой тяжелую железнодорожную платформу, на передней части которой установлена рама и стрела. К головке рамы прикреплены стреловой полиспаст и задние тяги. На заднем конце платформы расположена лебедка. В более совершенных типах консольных кранов в качестве базы крана используется специально сконструированная рама в виде стальной двухстенчатой балки, установленной на железнодорожных тележках. К переднему концу этой балки крепится вертикальная рама и стрела. Кран такого типа называется консольно-стреловым.

В двухконсольных кранах по сравнению с одноконсольными уменьшено давление на оси передних тележек. К передней консоли подвешивается поднимаемое пролетное строение, а к задней – противовес. Такие консольные краны являются неповоротными и могут поднимать и опускать грузы только по оси пути. С помощью неповоротных кранов невозможно устанавливать пролетные строения на соседний путь. Точно так же невозможна погрузка и выгрузка пролетных строений с соседнего пути. Краны ГЭК-80 и ГЗК-120 – неповоротные, габаритные, двухконсольные, грузоподъемностью соответственно 80 и 120 т. Главная балка кранов опирается на две башни, установленные на железнодорожные тележки. Подъем и опускание пролетного строения производится полиспастами. При подъеме груза одной консолью крана другой консолью с платформы поднимается противовес. Кран управляется с централизованного пульта управления.

Устойчивость консольных кранов определяется по правилам Госгортехнадзора. При определении коэффициента собственной устойчивости равнодействующая всех сил, действующих на кран, должна находиться внутри опорного контура на расстоянии L_0 от линии опрокидывания $L_0 \geq 0,15L$, где L – база платформы. Консольные краны часто работают на свежесыпанных насыпях при весьма значительных давлениях на оси опорных платформ, поэтому коэффициент их грузовой устойчивости рекомендуется принимать не менее 1,15.

Более удобными для монтажа пролетных строений являются поворотные консольные краны, допускающие не только продольное, но и поперечное пере-

мещение устанавливаемых элементов. В транспортном строительстве применяются крапы типа ГЭК-50, ГЭК-80, ГЭК-120, ГЭПК-130-17,5 и др.

Кран ГЭПК-130-17,5 (рис. 4.62) – поворотный двусторонний консольный кран грузоподъемностью 130 т. При повороте крана в плане пролетное строение выносится в сторону от оси пути на 5,3 м. Сварная коробчатого сечения главная балка состоит из центральной базовой части и двух консолей. Главная балка опирается на две восьмиосные платформы. На каждой из них установлены пятистоечные рамы для подъема главной балки из транспортного в рабочее положение. К верху центральной стойки приварена верхняя обойма полиспаста подъема главной балки. Нижняя обойма приварена к нижней части главной балки. Подъем главной балки производится электролебедками. Максимальная высота подъема по сравнению с транспортным положением 1600 мм. Кран оснащен грузоподъемными полиспастами (по два на каждой консоли), двумя полиспастами для подъема главной балки крана и полиспастом, осуществляющим передвижение крана собственным ходом. Конец троса полиспаста при этом крепится за рельс. Поворот главной балки и вынос устанавливаемого пролетного строения в сторону от оси пути достигается горизонтальными полиспастами. Сила тяги каждого полиспаста 50 т.

Система блокировок поперечного равновесия крана обеспечивает возможность поворота главной балки крана без аутригеров. При нарушении поперечного равновесия крана срабатывает система блокировки, отключающая привод электролебедок. Кроме того, кран снабжен рядом конечных выключателей, ограничивающих другие операции крана (подъем груза, передвижение крана и др.).

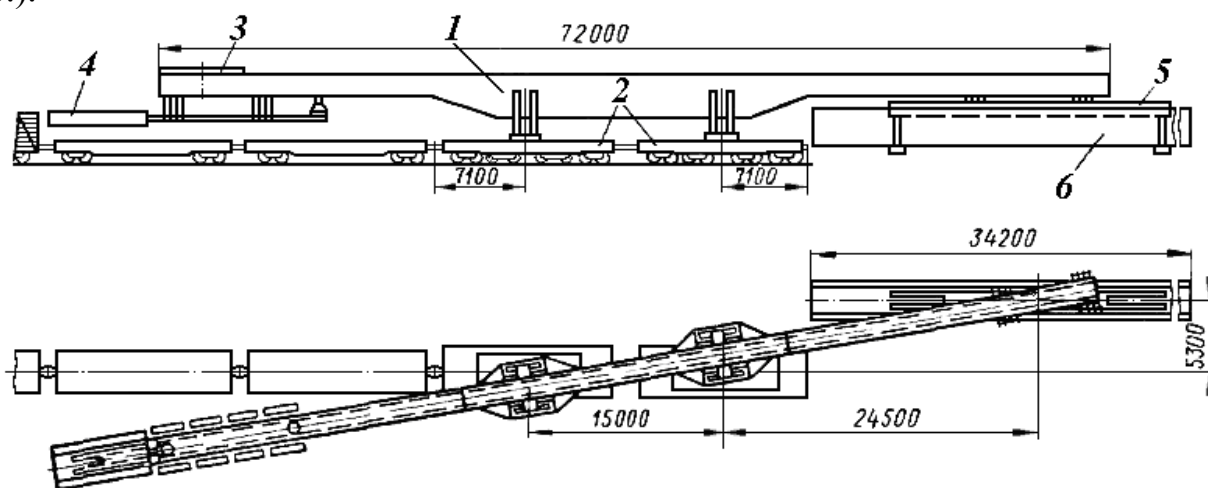


Рис.4.62. Консольный кран ГЭПК-130-17,5:

1 – главная балка крана; 2 – опорные платформы; 3 – откатной противовес;
4 – подвесной противовес; 5 – траверса; 6 – пролетное строение

Краны-шевры получили ограниченное распространение в мостовом строительстве по сравнению с кранами других типов. Грузоподъемность шевров обычно до 50 т.

Шевр представляет собой А-образную раму (рис. 4.63), нижний конец которой шарнирно закреплен, а верхний удерживается при помощи канатной стяжки с полиспастом. Канатная стяжка позволяет менять угол наклона рамы, изменяя таким образом величину вылета. Шевры могут быть стационарными

или передвижными. Передвижные шевры имеют горизонтальную раму, на один край которой опирается наклонная рама шевра, а к другому краю крепятся стяжки. На раме устанавливаются также лебедки привода механизма подъема груза и изменения вылета наклонной рамы. К оголовку шевра крепится полиспаст с крюковой обоймой. На горизонтальной раме шевра устанавливается контргруз, вес которого выбирается с учетом коэффициента устойчивости ($k = 1,4$) при повороте вокруг ребра опрокидывания по следующей формуле:

$$M_{уд} \geq 1,4M_{оп}; \quad M_{оп} = PL,$$

где $M_{оп}$ – опрокидывающий момент; $M_{уд}$ – удерживающий момент.

$$M_{уд} = \sum G_i \cdot L_i,$$

где G_i – вес различных элементов крана в т; L_i – расстояние от центров тяжести элементов крана до ребра опрокидывания в м.

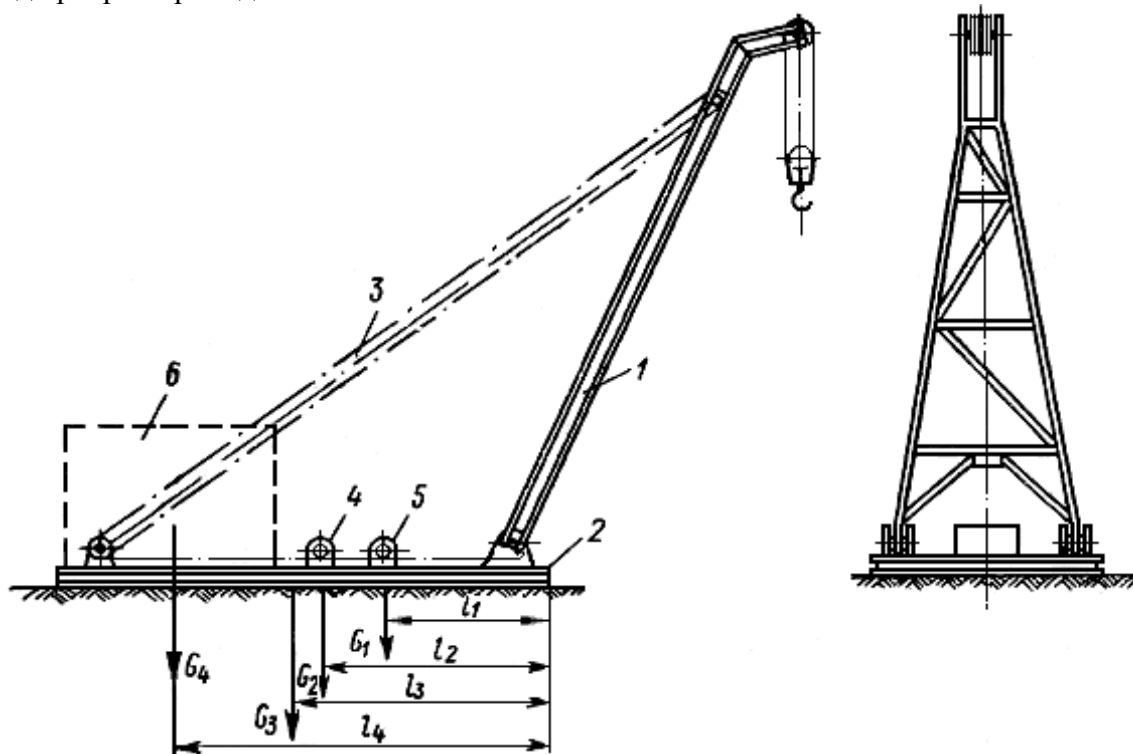


Рис. 4.63. Кран-шевр:

1 – А-образная рама; 2 – горизонтальная рама; 3 – полиспаст; 4 и 5 – лебедки; 6 – контргруз

Краны-шевы в основном применяются при монтаже других грузоподъемных средств, но иногда краны-шевы применяются непосредственно при монтаже элементов мостов. Например, плавучий кран-шевр конструкции ЦПКБ Мостотреста грузоподъемностью 100 т установлен на двух плашкоутах (рис. 4.64).

Этот кран установлен на двух плашкоутах. Передний плашкоут 7 состоит из 15 понтонов типа КС-3Л, задний 4 – из шести понтонов этого же типа. Плашкоуты соединены между собой горизонтальной рамой (фермой) 2. Наклонная рама (стрела) 1 шевра шарнирно закреплена на передней части горизонтальной рамы. Боковые растяжки 6 стрелы закреплены на переднем плашкоуте, а главные оттяжки 3 – на заднем. Кран снабжен двумя крюковыми подвесками: основной и вспомогательной (грузоподъемностью, соответственно, – 100 и 35 т). Вылет стрелы крана 17,5 м. Механизм подъема состоит из грузовых

полиспастов и лебедки 5. Лебедки 7 с тяговым усилием 5 тс служат для маневрирования крана.

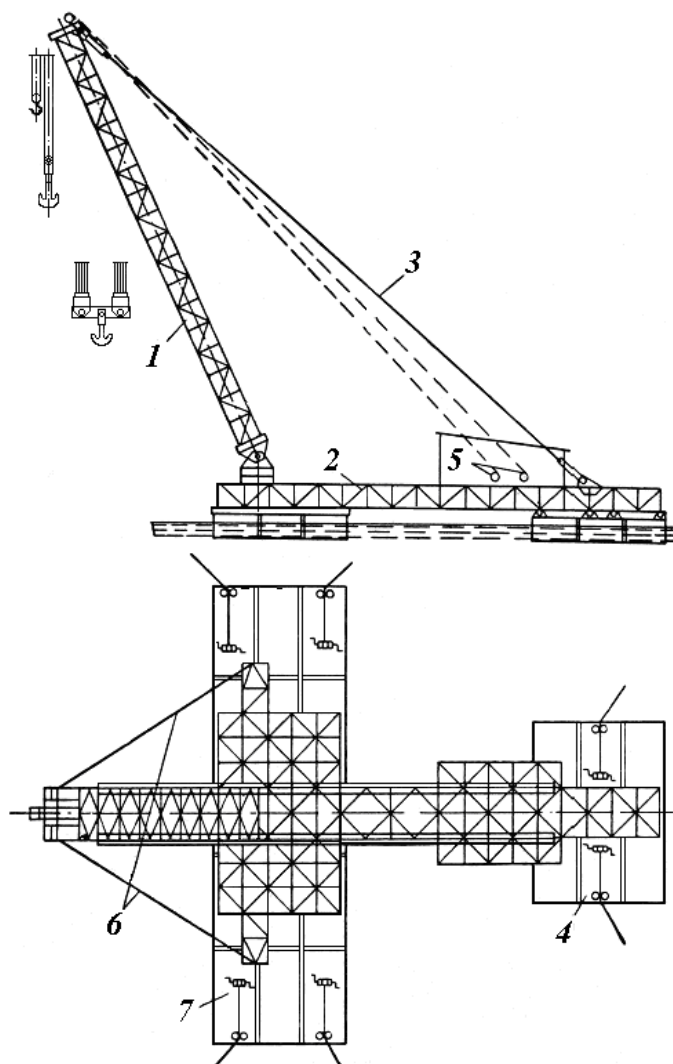


Рис. 4.64. Плавучий кран-шевр

Шлюзовые краны применяются при монтаже пролетных строений сборных железобетонных автодорожных мостов в том случае, когда невозможно применение самоходных стреловых кранов (т.е. когда по условиям местности необходимо вести монтаж сверху, устанавливая кран на уже собранных конструкциях). В этом случае применяют шлюзовые краны, обеспечивающие монтаж балок длиной до 40 м и массой до 100 т.

Серийно изготавливается несколько типов шлюзовых кранов. Наибольшее распространение из них получили монтажные агрегаты АМК-20-Г7, АМК-50 и шлюзовой кран грузоподъемностью 2×30 т.

Монтажные агрегаты АМК-50 и АМК-50 грузоподъемностью 20 и 50 т включают два козловых крана. В АМК-50 краны перемещаются по специальному монтажному мосту и осуществляют продольное и поперечное передвижение монтируемых балок. Монтажный мост передвигается с помощью лебедок. С одного края монтажный мост опирается ходовыми колесами на уже уложенные пролетные строения, а с другого с помощью выдвижных винтовых ног на опоры моста.

В монтажном агрегате АМК-50 козловые краны используются только для продольного перемещения балок. В поперечном направлении балки устанавливают путем поперечного перемещения всего агрегата с помощью двух двухколесных тележек. Тележки к монтажному мосту крепятся шарнирно, что дает возможность их поворота в плане относительно оси монтажного моста в соответствии с углом косины строящегося моста. Каждая тележка оснащена двумя винтовыми домкратами, служащими для установки крана на пути поперечного перемещения. В поперечном направлении агрегат перемещается двумя ручными лебедками. Козловые краны агрегата оборудованы двумя верхними и двумя нижними ходовыми тележками. Верхние тележки предназначены для перемещения крана по монтажному мосту, а нижние для подхода к мосту.

Шлюзовой кран грузоподъемностью 2×30 т (рис. 4.65) предназначен для монтажа пролетных строений длиной до 30 м и массой до 60 т. Он состоит из продольной фермы и трех опор. Средняя и задняя опоры имеют колесные тележки, благодаря которым кран перемещается в продольном направлении по уже уложенным пролетным строениям. Тележки средней опоры являются самоходными с приводом от электродвигателя. Передняя винтовая опора крана предназначена для установки фермы крана на опоре моста. Для продольного перемещения балок в пределах монтируемого пролета кран оснащен двумя тележками, перемещающимися по рельсам, уложенным на нижних поясах фермы. Тележки имеют канатный привод от стационарно установленных лебедок. На тележках размещены грузовые лебедки. Поперечное перемещение балок выполняется вспомогательными грузовыми полиспастами после перестроповки балок. В комплект крана входят две транспортные вагонетки для подачи монтируемых балок под кран по рельсовому пути, подъемник для монтажа крана и захватные приспособления для строповки балок. Для повышения продольной устойчивости в хвостовой части фермы крана размещен противовес.

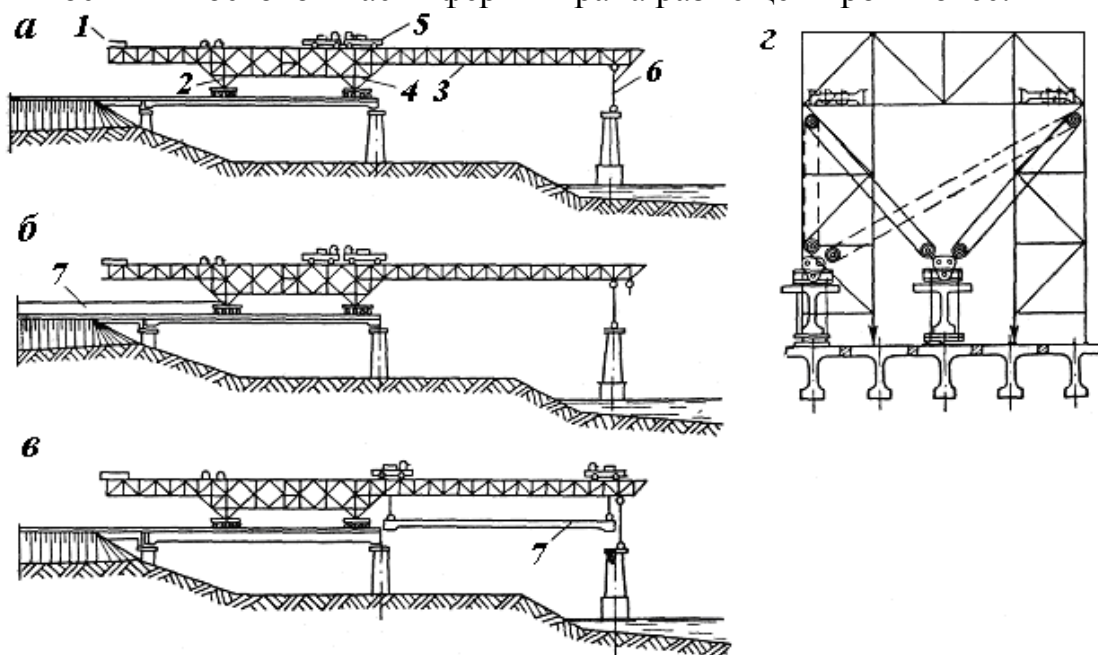


Рис. 4.65. Шлюзовой кран ГП2×30:

а...в – этапы установки пролетного строения; *г* – поперечный разрез крана; 1 – противовес; 2 – задняя опора; 3 – ферма крана; 4 – средняя опора; 5 – ходовая тележка; 6 – передняя опора; 7 – пролетное строение

Порядок работы шлюзового крана следующий. Кран надвигается в пролет, перемещаясь по тележкам (грузовые тележки находятся в крайнем левом положении) до тех пор, пока передняя шарнирная опора не установится над опорой моста, затем шарнирную опору крана закрепляют на опоре моста и блоки пролетных строений подаются под базу шлюзового крана. После этого блок пролетного строения устанавливается в пролет и затем после перестроповки к вспомогательным полиспастам перемещается в поперечном направлении до места установки. Кроме серийно выпускаемых кранов на строительстве мостов применяют шлюзовые краны индивидуального изготовления, которые имеют упрощенную конструкцию.

Краны для навесного монтажа мостов из сборных элементов имеют грузоподъемность 50...60 т при незначительном вылете – 3...6 м. Сборные элементы пролетных строений доставляются по воде или грунту. Монтируемые элементы устанавливаются под краном в проектное положение (в плане). Таким образом, после подъема элементов для их окончательной установки требуется лишь незначительное, преимущественно продольное перемещение. Продольное перемещение пролетного строения достигается передвижением самого крана или транспортной тележки. Перестановка монтируемого элемента в поперечном направлении крана осуществляется грузовой тележкой. Обычно краны для навесного монтажа проектируются применительно к определенным типам пролетных строений и не являются универсальными.

Исключением служит кран СПК-65 (грузоподъемность – 65 т) с поворотным устройством, который можно считать универсальным. Горизонтальная стрела устанавливается на поворотной части или непосредственно на ходовой части.

При навесном методе монтажа мостов применяются также неповоротные одноконсольные и двухконсольные краны. При уравновешенной сборке моста применяют два одноконсольных крана, которые в начальный момент сборки соединяют между собой, увеличивая их устойчивость. Конструктивно кран состоит из двух консолей, изготовленных из двутавров; траверсы с полиспастами; опоры, установленной на салазках, и подвесных подмостей. После установки блоков пролетного строения, примыкающих к опоре моста, под консоли кранов подводятся передние опоры и краны разъединяют. В дальнейшем краны перемещаются в разные стороны, и каждый собирает свою консоль пролетного строения моста. Устойчивость кранов при передвижке обеспечивается применением противовесов, а при подъеме блока – заанкериванием хвостовой части крана за уже собранное пролетное строение.

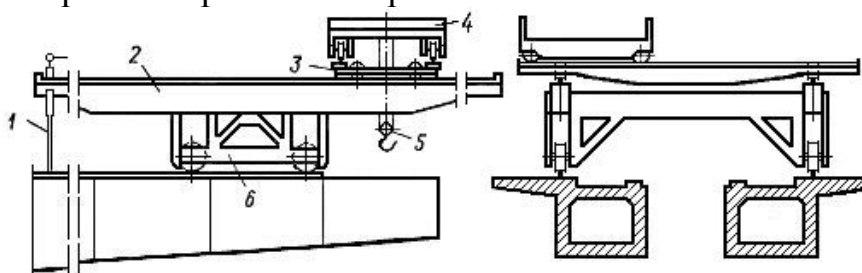


Рис. 4.66. Двухконсольный кран: 1 – анкер; 2 – двухконсольная балка; 3 – транспортная тележка; 4 – грузовая тележка; 5 – грузовой полиспаст; 6 – ходовая тележка

При применении двухконсольных кранов (рис. 4.66) монтаж каждого элемента ведут поочередно одной или другой консолью крана, совершающего челночные движения. Кран устанавливается на путях, уложенных на пролетном строении моста. Особенностью крана является наличие грузовой тележки, обеспечивающей перемещение сборных элементов в поперечном направлении.

Плавучие краны широко применяются в гидротехническом строительстве и используются при сооружении мостов через реки и другие водные преграды. Плавучие краны делятся на речные и мореходные. Плавучие краны состоят из судовой и крановой части. Судовой частью являются понтоны, которые могут быть однокорпусными или – двухкорпусными (катамараны). По способу передвижения плавучие краны можно подразделять на самоходные и несамоходные. По конструкции они делятся на поворотные и неповоротные. Конструкции плавучих кранов весьма разнообразны. Грузоподъемность плавучих кранов колеблется в больших пределах, а у кранов, применяемых в мостостроении, от 10 до 60 т (рис. 4.67). В отдельных случаях их грузоподъемность может достигать до 100 т. Краны большой грузоподъемности изготавливаются по специальным проектам (рис. 4.68).

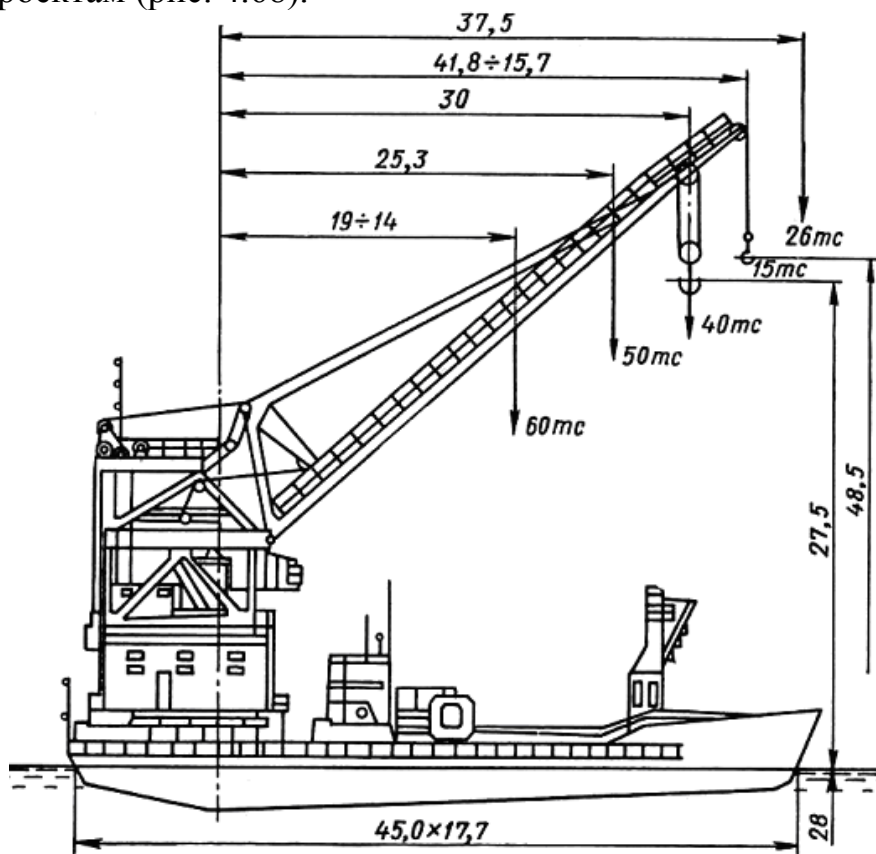


Рис. 4.67. Поворотный самоходный кран 60 тс (з-д ПТО им. Кирова, Ленинград) на катковой поворотной платформе

Наряду со специально сконструированными это могут быть обычные железнодорожные, гусеничные или порталные краны, установленные на плавучие средства. В мостостроении иногда применяются плавучие краны-шевы непосредственно при монтаже элементов мостов. Примером может служить плавучий кран-шевр конструкции ЦПКБ Мостотреста грузоподъемностью 100 т (рис. 4.64).

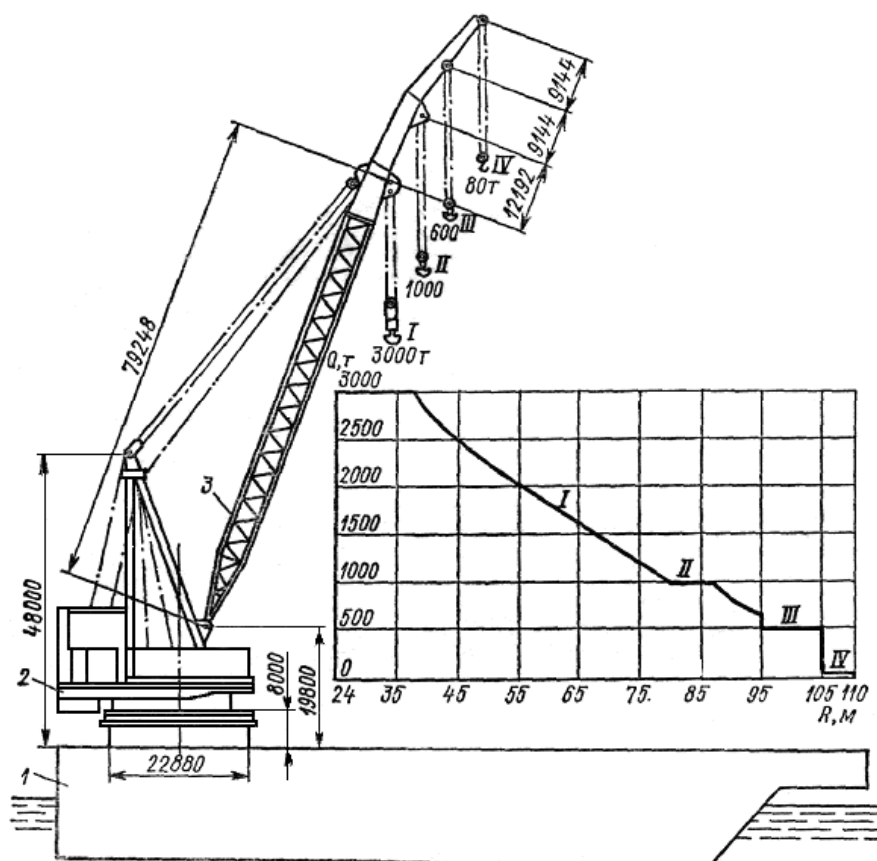


Рис. 4.68. Плавающий кран грузоподъемностью 3000 т и график изменения допустимой грузоподъемности Q в зависимости от вылета R :

1 – понтон; 2 – поворотная платформа; 3 – стрела; I...IV – крюковые подвески

4.7. Устойчивость и остойчивость кранов, их безопасная эксплуатация

Грузоподъемные машины относятся к категории машин, которые при нарушении правил их эксплуатации могут представлять опасность для людей. Поэтому изготовление и эксплуатация грузоподъемных машин регламентируются «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», а контроль выполнения этих Правил возлагается на органы Госгортехнадзора. По правилам Госгортехнадзора все *передвижные стреловые краны* (башенные, гусеничные, автомобильные и пр.) должны быть построены с *устойчивостью*, гарантирующей их от опрокидывания как во время работы, так и в нерабочем состоянии. Различают два вида устойчивости кранов: грузовую – от действия полезных нагрузок (груза) при возможном опрокидывании вперед, в сторону стрелы и груза; собственную – при отсутствии полезных нагрузок и при возможном опрокидывании назад, в сторону, противоположную стреле.

Грузовую устойчивость крана (рис. 4.69, а) определяют исходя из сочетания следующих нагрузок: Q^p – расчетный вес поднимаемого груза; $P_{и}$ – сила инерции массы груза, возникающая в периоды пуска и торможения механизма подъема; $P_{ц}$ – центробежные силы груза, возникающие при вращении крана; $P_{и.к}$ – сила инерции массы крана, возникающая в период пуска или торможения механизма передвижения крана; $P_{и.с}$ – сила инерции массы стрелы, возникающая в период пуска или торможения механизма изменения вылета стрелы; $P_{и.г}$ – сила инерции массы груза, возникающая в период пуска или торможения меха-

низма передвижения крана; $P_{в.г}$ – давление ветра на подветренную площадь груза; $P_{в}$ – давление ветра на подветренную площадь крана; Q_G – полный собственный вес крана (металлоконструкция, балласт, противовес, механизмы), приложенный в центре тяжести всей системы.

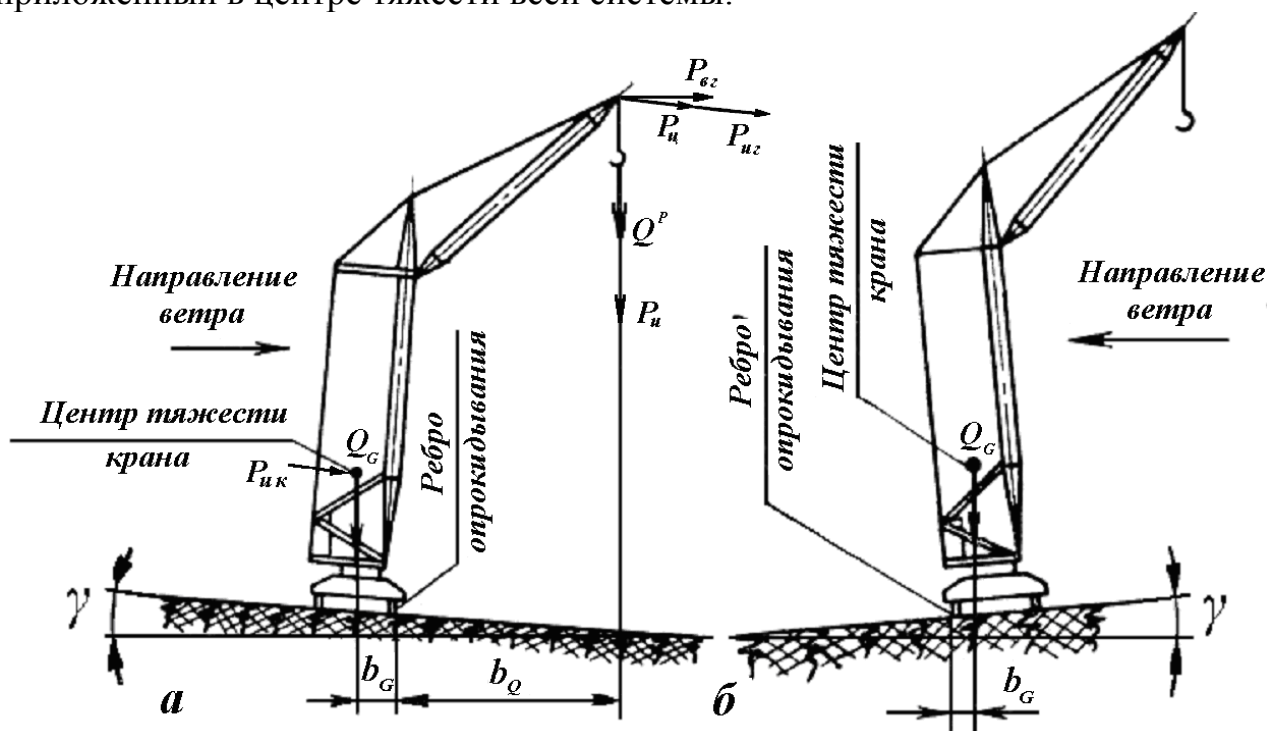


Рис. 4.69. Схемы действующих нагрузок для расчета устойчивости кранов:
а – грузовой; б – собственной

Помимо неблагоприятного совпадения действующих на кран нагрузок (совмещать можно только два движения крана, например, поворот и перемещение) принимается, что кран установлен на участке с углом наклона γ в сторону опрокидывания. Все нагрузки, действующие на кран (за исключением собственного веса), приложены за пределами его опорного контура и создают относительно ребра опрокидывания опрокидывающий момент. Центр тяжести находится внутри опорного контура крана. Устойчивость крана обеспечивается только его собственным весом, создающим восстанавливающий момент. Соотношение между восстанавливающим и опрокидывающим моментами определяет коэффициент грузовой устойчивости, который по Правилам Госгортехнадзора должен быть не менее 1,15, т.е., если к крюку прикрепить груз на 15% больше расчетного, то кран может опрокинуться:

$$K_{\Gamma} = \frac{M_G - M_{P_{и}} - M_{P_{ц}} - M_{P_{и.к}} - M_{P_{и.с}} - M_{P_{и.г}} - M_{P_{в.г}} - M_{P_{в}}}{M_Q} \geq 1,15,$$

где M_G , $M_{P_{и}}$, $M_{P_{ц}}$ и т.д. – моменты, создаваемые силами G , $P_{и}$, $P_{ц}$ и т.д. относительно ребра опрокидывания.

Коэффициент грузовой устойчивости при действии лишь одной предельной рабочей нагрузки на горизонтальном пути (без учета всех дополнительных нагрузок) должен быть не менее 1,4, т.е.

$$K'_{\Gamma} = \frac{M'_G}{M_Q} \geq 1,4.$$

Устойчивость крана в нерабочем состоянии (рис. 4.69, б), т.е. собственная устойчивость, определяется исходя из того, что кран имеет уклон в сторону возможного опрокидывания; стрела крана поднята, и на него действует давление ураганного ветра $70 \dots 100 \text{ кГ/м}^2$ ($\sim 700 \dots 1000 \text{ Н/м}^2$). По Правилам Госгортехнадзора коэффициент собственной устойчивости должен быть также не менее 1,15, т.е.

$$K_c = \frac{M_G''}{M_{P'_B}} \geq 1,15,$$

где M_G'' – момент, создаваемый весом G всех частей крана при максимально поднятой стреле; $M_{P'_B}$ – момент, создаваемый ураганым ветром.

Уклон пути или разница в уровне рельсов отрицательно влияет на устойчивость крана, так как при этом уменьшается восстанавливающий момент и увеличивается опрокидывающий момент. Поэтому при эксплуатации необходимо следить за тем, чтобы стреловые передвижные краны не работали на поверхности, имеющей уклон больше предельного для данного крана. Для башенных строительных кранов угол наклона γ принимается $\sim 1,5^\circ$. Для пневмоколесных, гусеничных, автомобильных и других аналогичных кранов, работающих без выносных опор, $\sim 3^\circ$, а на выносных опорах $\sim 1,5^\circ$. Столь же отрицательно влияет на устойчивость крана и отсутствие должного количества балласта, загружаемого на кран, так как его восстанавливающий момент становится меньше расчетного.

Ветровые нагрузки могут быть значительными, в особенности для башенных кранов, имеющих большую подветренную площадь. Поэтому краны могут работать только при ветре, сила которого указывается в паспорте крана. При ветре, большем расчетного, работа крана должна быть прекращена и приняты дополнительные меры против его опрокидывания (опускание стрелы в горизонтальное положение, установка на захваты и т.п.).

Остойчивость плавучих кранов. Остойчивость – способность судна возвращаться в исходное положение по прекращении действия сил, вызвавших его наклон. Остойчивость кранов регламентируется государственными нормами, так называемыми правилами Регистра. Наклон крана вдоль продольной оси понтона называется дифферентом, а наклон вдоль поперечной оси – креном. Условие равновесия плавучего крана определяется из уравнения плавучести:

$$\sum P = P_v; \quad P_v = \gamma \cdot V$$

где $\sum P$ – вес крана (с понтоном); V – объем подводной части понтона (объем вытесненной воды); γ – удельный вес воды.

При подъеме краном груза (рис. 4.70) во время действия ветровой нагрузки кран наклонится на угол θ_c (Ψ_c), называемый статическим углом крена (дифферента). Эти углы определяются по формулам:

$$\sin \theta_c = M_k / (\sum P \cdot h_\theta), \quad \sin \psi_c = M_d / (\sum P \cdot h_\psi),$$

где M_k (M_d) – момент крена (дифферента), равный моменту восстановления; h_θ (h_ψ) – метацентрическая высота при крене (дифференте).

Метацентрическая высота может быть определена по формулам:

$$h_{\theta} = \frac{I_{\theta}}{V} - a; \quad h_{\psi} = \frac{I_{\psi}}{V} - a,$$

где I_{θ} (I_{ψ}) – момент инерции площади ватерлинии относительно поперечной (продольной) оси плашкоута в м^4 ; a – расстояние между центром тяжести крана и центром водоизмещения в м.

Для прямоугольного понтона длиной L , шириной B , имеющего осадку T (с грузом),

$$h_{\theta} = \frac{B^2}{12T} - a; \quad h_{\psi} = \frac{L^2}{12T} - a.$$

Величины $I_{\theta}/V = \rho$, $I_{\psi}/V = \rho$ называются метacentрическими радиусами. Условие остойчивости можно записать следующим образом:

$$\rho - a = h_{\theta} > 0 \text{ – кран остойчив;}$$

$$\rho - a = h_{\theta} < 0 \text{ – кран опрокидывается.}$$

Для увеличения остойчивости плавучих кранов они снабжены противовесом, установленным таким образом, чтобы без груза кран имел наклон в сторону противовеса. Благодаря этому при подъеме груза сначала происходит выравнивание крана, а затем уже наклон в сторону груза. Если углы крена незатянутого крана $\theta_{\text{пор}}$, а нагруженного $\theta_{\text{гр}}$, то при резком приложении внешних сил – обрыве груза, подъеме груза рывком (с подхватом), резком торможении, шквале возникают динамические углы крена и дифферента $\theta_{\text{д}}$, $\Psi_{\text{д}}$:

$$\theta_{\text{д}} = \theta_{\text{пор}} + \xi \Delta \theta, \quad \Psi_{\text{д}} = \Psi_{\text{пор}} + \xi \Delta \Psi,$$

где $\theta_{\text{пор}}$ и $\Psi_{\text{пор}}$ – статические углы начального крена и дифферента крана без груза; $\Delta \theta$ и $\Delta \Psi$ – амплитуды качания; $\xi = 0,6 \dots 0,7$ – коэффициент затухания.

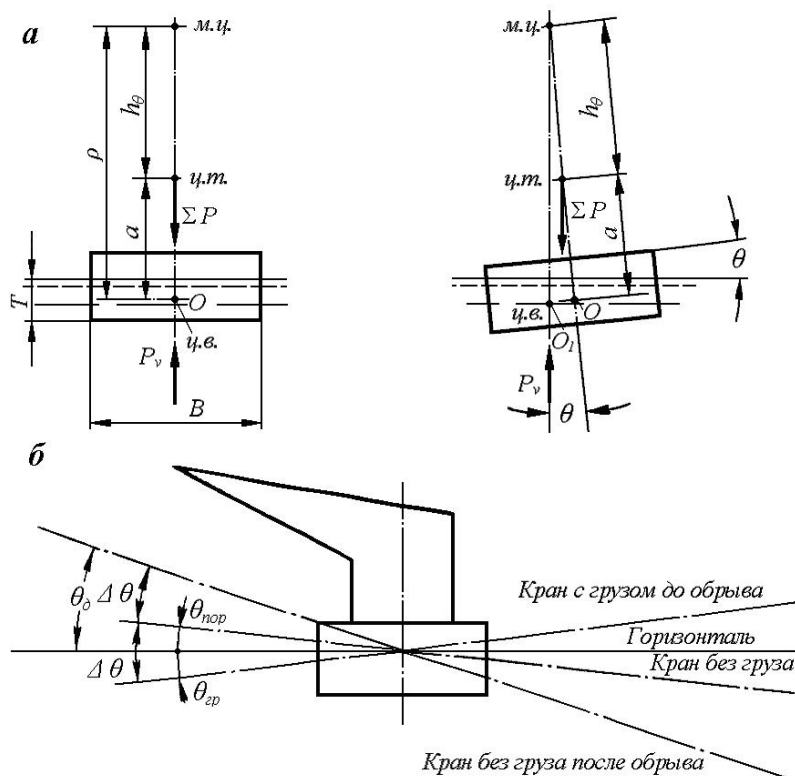


Рис. 4.70. Расчетные схемы статической (а) и динамической (б) устойчивости плавучего крана: *ц.т.* – центр тяжести крана с понтоном; *ц.в.* – центр водоизмещения (центр тяжести вытесненного объема воды, O – без крана, O_1 – при крене); *м.ц.* – метacentр

Остойчивость в рабочем состоянии по правилам Регистра РФ считается достаточной, если угол крена θ при поднятом грузе, и при динамическом действии ветра не превышает допускаемого значения $\theta_{\text{доп}}$, т.е. если $\theta \leq \theta_{\text{доп}}$. Угол крена θ определяется из выражения

$$\theta = \theta_c + 2\theta_v,$$

где θ_c – статический угол начального крена, вызванного кренящим моментом от веса груза и поворотной части при положении стрелы на борт; θ_v – статический угол крена, вызванного моментом $M_{\text{вп}}$ от ветра.

Кренящий момент от ветра рабочего состояния

$$M_{\text{вп}} = q_0 \sum c_i F_{\text{нi}} z_i,$$

где q_0 – скоростной напор ветра ($q_0 = 300 \text{ Н/м}^2$); c_i , $F_{\text{нi}}$, z_i – аэродинамический коэффициент, наветренная площадь и возвышение центра тяжести наветренной площади над ватерлинией для i -го элемента.

Допустимый угол крена $\theta_{\text{доп}}$ определяется из условия, чтобы надводный борт с учетом начального дифферента был равен 300 мм и чтобы середина скулы мидельшпангоута не выходила из воды. Допустимый угол не должен превышать 6° . Для кранов с фиксированным положением стрелы в продольной плоскости допустимый угол крена от динамического действия ветра равен 3° . Остойчивость кранов с поворотной стрелой проверяется при максимальном грузовом моменте и при положении стрелы с максимальным вылетом на борт, а также при самом высоком положении стрелы с грузом.

Общие положения безопасности эксплуатации кранов. Грузоподъемные машины могут изготавливаться только на предприятиях, имеющих на это разрешение соответствующего окружного отделения Госгортехнадзора РФ. Машины должны быть зарегистрированы в соответствующих органах Госгортехнадзора, и их эксплуатация должна вестись только с разрешения этих органов.

Для получения разрешения на эксплуатацию необходимо иметь соответствующую техническую документацию, персонал специальной квалификации и провести техническое освидетельствование и испытание машины. Техническая документация, состоящая из паспорта машины и инструкции по ее монтажу и эксплуатации, предоставляется заводом-изготовителем. Управление и обслуживание грузоподъемных машин разрешается лицам не моложе 18 лет, которые прошли медицинское освидетельствование и обучены по соответствующей программе. Аттестует этих лиц и допускает к работе на грузоподъемной машине специальная квалификационная комиссия, в которой участвует представитель органов Госгортехнадзора. Ответственность за исправное состояние и безопасную работу грузоподъемных машин возлагают специальным приказом на представителя технической администрации соответствующей квалификации.

Техническое освидетельствование и испытание грузоподъемных машин должны проводиться ежегодно с целью установления соответствия состояния машины правилам Госгортехнадзора. Оно заключается в наружном освидетельствовании всех ответственных деталей и узлов, статическом и динамическом испытании машины. При наружном осмотре проверяют состояние металлоконструкций и ее сварных соединений, а также лестниц, площадок и ограждений,

состояние крюка и деталей, его крепления в обойме, канатов, блоков, осей и деталей их крепления, состояние защитного заземления (в кранах с электрическим приводом), подкранового пути и т.п.

Статическое испытание машины имеет целью проверку ее прочности и грузовой устойчивости (для стреловых кранов). Это испытание при первичном техническом освидетельствовании, а также после монтажа, капитального ремонта или изменения конструкции проводится нагрузкой, на 25% превышающей грузоподъемность машины. При периодических технических освидетельствованиях в процессе работы машины статическое испытание проводится нагрузкой, превышающей грузоподъемность на 10%. В стреловых кранах это испытание должно проводиться соответственно каждой грузовой характеристике при наибольшем и наименьшем вылетах стрелы.

Во время статического испытания контрольный груз поднимают на высоту 200...300 мм и выдерживают в таком положении в течение 10 мин. По истечении этого времени груз опускают и проверяют отсутствие остаточной деформации в металлоконструкциях крана.

Динамическое испытание грузоподъемной машины проводится с нагрузкой, соответствующей максимальной грузоподъемности или с грузом, на 10% превышающим грузоподъемность машины, и имеет целью проверку действия ее механизмов и их тормозов. При динамическом испытании все рабочие движения машины с грузом на крюке выполняются не менее двух раз.

Результаты технического освидетельствования и испытания записываются в паспорт грузоподъемной машины. При удовлетворительных результатах технического освидетельствования и испытания лицо, их производившее, записывает в паспорт разрешение на работу грузоподъемной машины и дату следующего освидетельствования. Внеочередные освидетельствования и испытания грузоподъемной машины проводят после каждого монтажа, капитального ремонта и модернизации, вызвавшей изменение основных параметров машины.

Безопасность работы грузоподъемных машин определяется соблюдением порядка ввода их в эксплуатацию, наблюдением за их техническим состоянием во время работы, способами производства работ, квалификацией специалистов, обслуживающих машину.

Общие правила безопасной эксплуатации грузоподъемных машин исключают подъем груза, превышающего грузоподъемность крана на данном вылете стрелы. Работа по перемещению грузов, требующих обвязки и зацепки, должна проводиться способами, разработанными техническими службами предприятия. Строповщики должны работать канатами, цепями и другими вспомогательными грузозахватными приспособлениями надлежащей грузоподъемности, аттестованными Госгортехнадзором и имеющими соответствующие клейма. Тара для мелких или насыпных грузов должна быть аттестована.

Звук сигнальных приборов, установленных на кране для обмена условными сигналами между строповщиком и машинистом, должен быть слышен во время работы.

Груз, близкий по весу к разрешенной грузоподъемности, при подъеме должен быть предварительно поднят на высоту не более 200...300 мм для про-

верки надежности действия тормоза. При горизонтальном перемещении поворотом стрелы груз должен быть поднят не менее чем на 0,5 м выше встречающихся предметов. Опускать груз разрешается лишь на предназначенное для этого место, где исключается возможность падения, опрокидывания или сползания устанавливаемого груза.

Начало подъема груза и его торможение должны быть плавными во избежание увеличения инерционных нагрузок на кран. По окончании или в перерывах работы груз не должен оставаться в подвешенном состоянии.

Воспрещается перемещать краном грузы над людьми, пребывание на кране, а также в зоне его действия людей, не имеющих отношения к работе крана, отрывать краном примерзшие или заваленные грузы, так как это может привести к перегрузке крана и потере им устойчивости.

Груз должен подниматься только при вертикальном положении крюка и грузового полиспаста. Воспрещается подтаскивать грузы по земле крюком крана при косом положении канатов, так как это увеличивает плечо действия опрокидывающего момента и может привести к потере устойчивости. Не допускается устанавливать краны на площадках с уклоном, превышающим указанный в паспорте.

Кроме общих правил безопасности, должны соблюдаться дополнительные правила, отвечающие специфическим особенностям эксплуатации некоторых грузоподъемных машин.

Ванты мачтово-стреловых и кабельных кранов должны всегда быть натянуты. До начала и во время работы должно систематически контролироваться и регулироваться натяжение вант, а также контролироваться крепление концов вант к якорям и состояние самих якорей. Работа кранов допускается при ветре не более пяти баллов. Совмещение рабочих движений в процессе работы крана не разрешается. Подъем груза разрешается только основной или вспомогательной стрелой или гуськом.

Стреловые краны на пневмоколесном ходу не разрешается устанавливать на свеженасыпном неутрамбованном грунте, а также на краю откоса или канавы. Под выносные опоры должны быть подложены прочные и устойчивые подкладки или выложены шпальные, брусчатые или дощатые клетки; краны должны быть установлены на все опоры.

При работе поворотных кранов нельзя допускать пребывания людей рядом с платформой крана, а также их выход на неповоротную его часть. Перед перемещением кранов стрела должна быть установлена вдоль пути; одновременное перемещение крана и поворот стрелы не разрешаются.

Для башенных кранов рельсовые пути должны быть уложены по проекту. На время больших перерывов в работе кран переводят на специальный участок рельсового пути, уложенный строго горизонтально; захваты ходовой части крана должны быть закреплены за рельсы.

Производительность кранов, может повышаться за счет увеличения количества груза, поднимаемого за один раз, или за счет уменьшения времени цикла. Количество груза, поднимаемого за один раз, ограничивается грузоподъемностью крана на данном вылете стрелы. Однако при эксплуатации кранов сле-

дует стремиться использовать эту грузоподъемность, максимально подбирая соответствующую тару для сыпучих и вязущих материалов и создавая специальные стропы, позволяющие поднимать одновременно несколько штучных грузов. Наиболее целесообразными следует считать те конструкции кранов, которые при том же собственном весе обладают большей грузоподъемностью. Время цикла может уменьшаться за счет уменьшения машинного и ручного времени. Величина машинного времени цикла зависит от конструкции машины, степени мастерства рабочих, управляющих машиной, и производственных условий, в которых машина работает.

Конструктивные свойства машины, влияющие на время ее цикла, определяются величиной скоростей выполнения рабочих операций, системой управления и кинематической схемой машины, возможностью совмещения отдельных операций. Регулирование скорости опускания и подъема крюка позволяет в два-три раза увеличивать скорость подъема и опускания порожнего крюка и скорость при подъеме небольших грузов.

Система управления не должна вызывать утомления машиниста. При рычажной системе управления утомление машиниста к концу смены увеличивает продолжительность цикла на 25...30%. На грузоподъемных машинах с двигателями внутреннего сгорания наименьшая продолжительность машинного времени цикла достигается при гидравлической системе управления. Наиболее целесообразным следует считать многодвигательный привод с электрической системой управления, который обеспечивает возможность совмещения и независимого управления всеми движениями крана. Уменьшения машинного времени цикла можно достигнуть автоматизацией управления кранами, автоматическим регулированием скорости подъема и опускания груза в зависимости от его веса, автоматическим контролем выполненной работы и т.п.

Степень мастерства рабочего, управляющего машиной, определяется его умением полностью использовать ее конструктивные свойства и добиться (в пределах, допускаемых кинематической схемой машины и производственными условиями) максимального совмещения рабочих операций. В результате совмещения операций, т.е. одновременного выполнения движений подъема и поворота, поворота и передвижения и т.д., сокращается машинное время цикла. Это сокращение для башенных кранов составляет от 20 до 40%.

Большое влияние на продолжительность машинного времени цикла оказывают производственные условия, в которых работает кран, т.е. организация его рабочей зоны. Для уменьшения машинного времени цикла материалы и детали, подлежащие подъему, должны быть расположены так, чтобы средний угол поворота крана и средний путь его перемещения были наименьшими. Время ручных операций в основном зависит от двух факторов – конструктивных возможностей крана и конструкции захватных приспособлений. Конструкция крана должна предусматривать наилучшую видимость машинистом места установки груза, так как в этом случае достигается лучшая согласованность действий такелажников или монтажников и машиниста. Наиболее целесообразно применять комбинированное управление из кабины и через переносный пульт управления (дистанционно). Конструкция кранов должна также преду-

смаатривать малые посадочные скорости и плавность торможения, устраняющие излишние раскачивания груза при его посадке. Краны, обладающие малыми посадочными скоростями, сокращают время ручных операций цикла.

Для уменьшения времени ручных операций цикла следует применять рациональные конструкции захватных приспособлений, которые отличаются простотой устройства, имеют небольшой вес, обеспечивают надежность захвата, быстроту строповки и расстроповки и дают возможность поднимать всевозможные грузы. Большое значение для повышения производительности и безопасности работы грузоподъемных машин имеет автоматизация ряда операций: пуска и остановки электродвигателей, регулирования скорости в зависимости от веса поднимаемого груза, защиты механизмов от аварий, перегрузок и т.п.

Г л а в а 5

Машины и устройства непрерывного транспорта

5.1. Транспортируемый материал и его свойства

В качестве транспортирующих устройств непрерывного действия на строительстве применяются конвейеры различных типов (ленточные, скребковые, пластинчатые, винтовые, вибрационные), ковшовые элеваторы, установки пневматического транспорта. Эти устройства используются часто совместно с другими машинами, а иногда входят в состав более сложных машин, например экскаваторов непрерывного действия или самоходных погрузчиков. Средства непрерывного транспорта широко используются для перемещения штучных, мелкокусковых и сыпучих материалов (песка, щебня, гравия, цемента и др.) в карьерах, на дробильно-сортировочных и бетоносмесительных установках, на складах строительных материалов.

На процесс транспортирования и его производительность влияют физико-механические свойства транспортируемого материала. Для сыпучих материалов наиболее значимы следующие характеристики:

насыпной вес, т.е. вес 1 м³ материала в свободно насыпанном (без уплотнения) состоянии;

влажность — отношение (в процентах) веса содержащейся в материале воды к весу сухого материала $\omega = (g_v / g_m) \cdot 100$, где g_v — вес воды в материале; g_m — вес сухого материала;

коэффициент трения материала по поверхности стенок бункеров и лотков $f = \operatorname{tg} \rho^\circ$, где ρ° — угол трения;

угол естественного откоса в покое ρ_1° — угол наклона образующей конуса свободно насыпанного материала к неподвижной горизонтальной поверхности;

угол естественного откоса материала в движении на 20...30% меньше угла естественного откоса в покое $\rho_2^\circ \approx 0,7\rho_1^\circ$, что вызвано изменением коэффициента трения между частицами материала в процессе движения по сравнению с состоянием покоя.

Таблица 5.1

Характеристики транспортируемых материалов

Наименование материала	Насыпной вес в кг/м ³	Угол естественного откоса в град		Коэффициент трения материала о сталь	
		в покое	в движении	в покое	в движении
Гравий	1700...1800	45	30	1	0,58
Щебень	1800...2000	45	35	1	0,7
Песок	1400...1700	45	30	1	0,58
Грунт сухой	1200...1300	45	30	1	0,58

Глина сухая	1100...1500	50	35	1,2	0,7
Цемент	1100...1300	43	38	0,93	0,78

5.2. Непрерывный транспорт с гибкими тяговыми органами

Ленточные конвейеры служат для перемещения в горизонтальном и наклонном (до $18...22^\circ$) направлениях сыпучих, мелкокусковых и штучных грузов. Ленточные конвейеры изготавливают стационарными длиной до 150...200 м, передвижными и переносными длиной 5, 10, 15 и 20 м. Основными частями ленточного конвейера (рис. 5.1, 5.2) являются: металлическая рама, на которой установлены роlikоопоры рабочей и холостой ветвей ленты 2. По концам конвейера лента огибает головной 4 и хвостовой 1 барабаны. Головной барабан обычно приводной, а хвостовой соединен с натяжным устройством, предназначенным для устранения возможного проскальзывания ленты. На конвейерах небольшой длины натяжные устройства выполняются винтовыми. Они требуют регулярного контроля натяжения ленты и его регулирования. На длинных конвейерах натяжение осуществляется автоматически под весом груза, соединенного с натяжным барабаном. Так как при изготовлении барабанов сложно избежать малозаметной конусности, то для исключения сбегания ленты в сторону барабаны должны иметь максимальный диаметр посередине со стрелой выпуклости 1,5...3,0 мм.

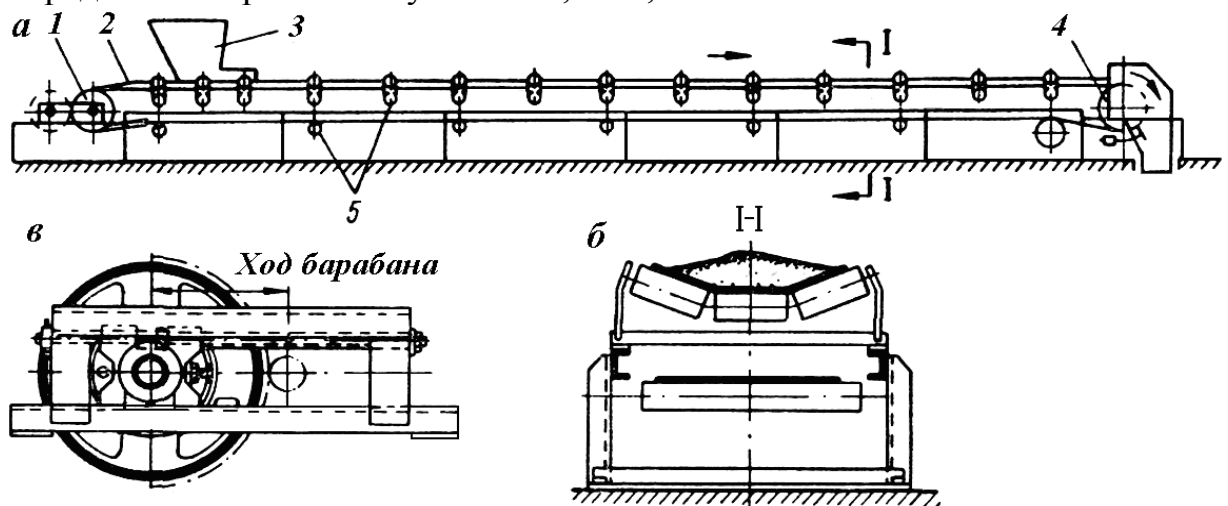


Рис. 5.1. Ленточный конвейер:

а – схема стационарного горизонтального конвейера; *б* – поперечный разрез; *в* – натяжное устройство; 1 – натяжной барабан; 2 – лента; 3 – загрузочный бункер; 4 – приводной барабан; 5 – роlikовые опоры

Роlikоопоры установлены по всей длине конвейера и служат для восприятия веса перемещаемого груза и уменьшения провисания ленты. При гладкой ленте роlikоопоры рабочей ветви выполняются однорольными, а при желобчатой состоят из двух или трех роlikов (рис.5.1, б), а роlikоопоры холостой ветви, как правило, выполняются однорольными.

Лента является одновременно и тяговым, и несущим органом. Наиболее часто применяют прорезиненные тканевые ленты, состоящие из нескольких слоев прорезиненной хлопчатобумажной ткани. Такие ленты прочны, гибки, мало вытягиваются и очень удобны при монтаже. Ширина ленты стандартизирована: 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400 и 1600 мм. Для стационарных конвейеров большой длины применяют прорезиненные ленты,

армированные стальными канатами. Соединение прорезиненных лент выполняется склеиванием с последующей вулканизацией стыка или сшиванием сыромятными ремешками. Высокоскоростные конвейеры, например, на роторных экскаваторах, а также конвейеры для вертикального подъема груза снабжаются прижимной лентой, опирающейся на гибкие ролики, выполненные в виде витых пружин. Простейшим устройством для удержания ленты от движения в обратную сторону, например, при отключении электродвигателя служит ленточный останов (рис. 5.3).

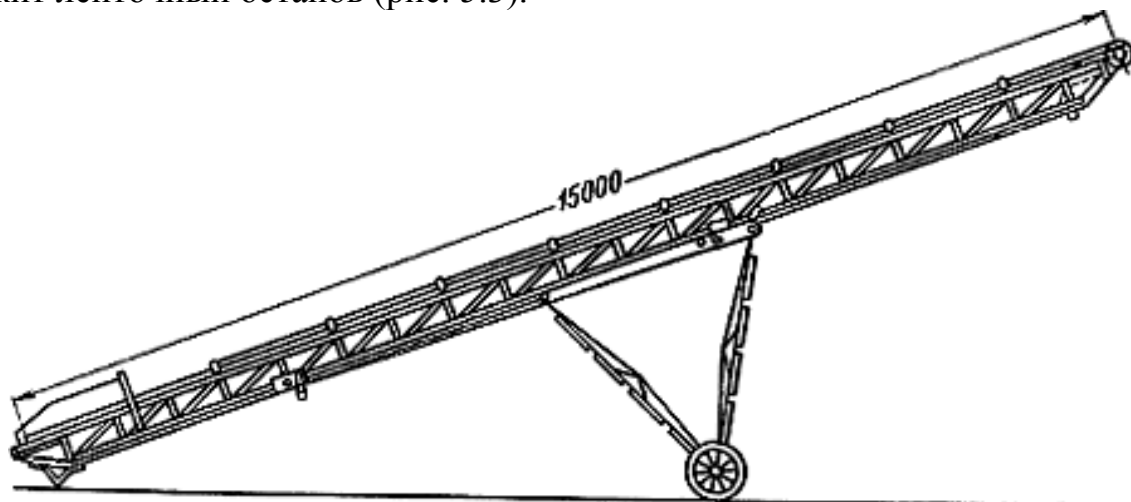


Рис. 5.2. Передвижной конвейер

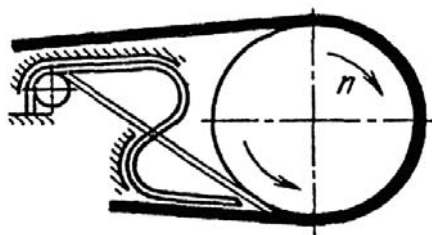


Рис. 5.3. Ленточный останов

Загрузка конвейеров происходит через подвижные или стационарные бункеры или воронки, а разгрузка производится через концевой барабан (рис.5.1) или с помощью плужковых сбрасывателей (5.4, *а*). При необходимости подачи материала в различные бункеры, он разгружается с помощью разгрузочных тележек (рис. 5.4, *б*), которые могут иметь перекидной затвор.

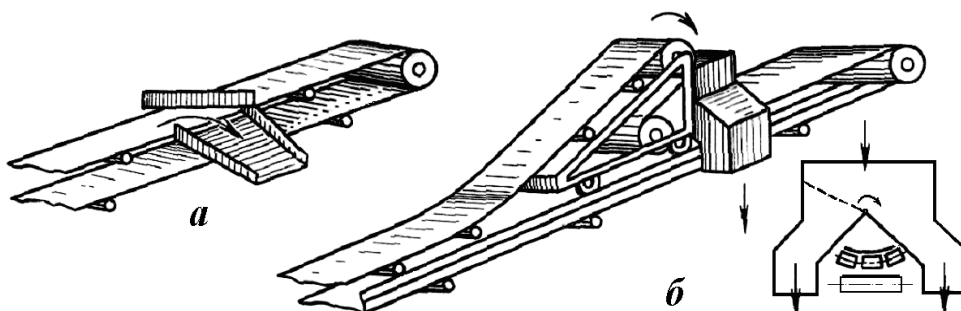


Рис. 5.4. Разгрузочные устройства ленточных конвейеров:

а – плужковый сбрасыватель; б – разгрузочная тележка

Вращение от двигателя к приводному барабану передается через редуктор, передаточное число которого определяется по формуле

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{б}}} = \frac{n_{\text{дв}} \pi D_{\text{б}}}{60 V_{\text{л}}},$$

где $n_{\text{дв}}$ – число оборотов вала двигателя в мин; $n_{\text{б}}$ – число оборотов приводного барабана; $D_{\text{б}}$ – диаметр приводного барабана; $V_{\text{л}}$ – скорость движения ленты, м/с.

Скорость ленты принимается не более 2 м/с для отсутствия пыления некоторых сыпучих материалов и избежания проскальзывания материала при его разгоне (во время попадания на ленту). Высокоскоростные конвейеры, например, на роторных экскаваторах, а также конвейеры для вертикального подъема груза снабжаются прижимной лентой, опирающейся на гибкие ролики, выполненные в виде витых пружин (рис. 5.5). Угол наклона ленточного конвейера без прижимной ленты должен быть меньше угла трения (в движении) материала по ленте конвейера.

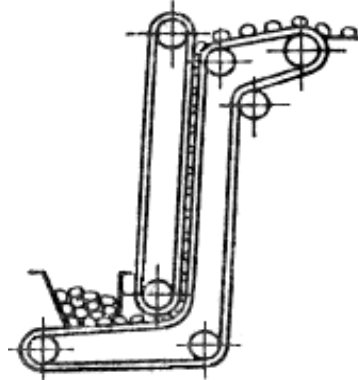


Рис. 5.5. Конвейер с прижимной лентой

Мощность, расходуемая на привод ленточного конвейера, определяется по формуле:

$$N = \frac{1}{367} \left(QH + fQL + \frac{QV^2}{2g\eta} \right) \text{ кВт},$$

где Q – производительность конвейера в т/ч; H – высота подъема материала в м (для наклонных конвейеров); L – длина конвейера в м; f – коэффициент сопротивления движения ленты с учетом трения в подшипниках ($f = 0,05$); V – скорость движения ленты в м/сек; η – к.п.д. конвейера $\eta = 0,5 \dots 0,7$.

Зная окружное усилие P , можно при заданном угле (α) обхвата лентой приводного барабана определить натяжение концов ленты: сбегающего $t = P/(e^{\mu\alpha} - 1)$ и набегающего $T = Pe^{\mu\alpha}/(e^{\mu\alpha} - 1)$. Такой простой способ определения мощности двигателя и натяжения ленты пригоден только для конвейеров прямолинейной формы и небольшой длины, в которых угол обхвата $\alpha \leq 250^\circ$ заведомо обеспечивает передачу необходимого тягового усилия.

В конвейерах сложной формы и большой длины натяжение ленты следует определять на отдельных ее участках, обходя по контуру весь конвейер (рис. 5.6). Минимальное натяжение S_1 имеет место у холостой ветви, т.е. после схода ленты с приводного барабана. Минимальное натяжение рабочей ветви S_4 определяют, исходя из нормального провеса ленты между роликовыми опорами. Усилие натяжения ленты должно обеспечить не только необходимую силу трения между лентой и приводным барабаном, но и определенную стрелку провеса грузенной ленты между роликовыми опорами, не превышающую

значения $f = \xi \cdot l_p$, где ξ – коэффициент провеса (0,03 для прорезиненных лент и 0,012 для стальных лент); l_p – расстояние между опорами.

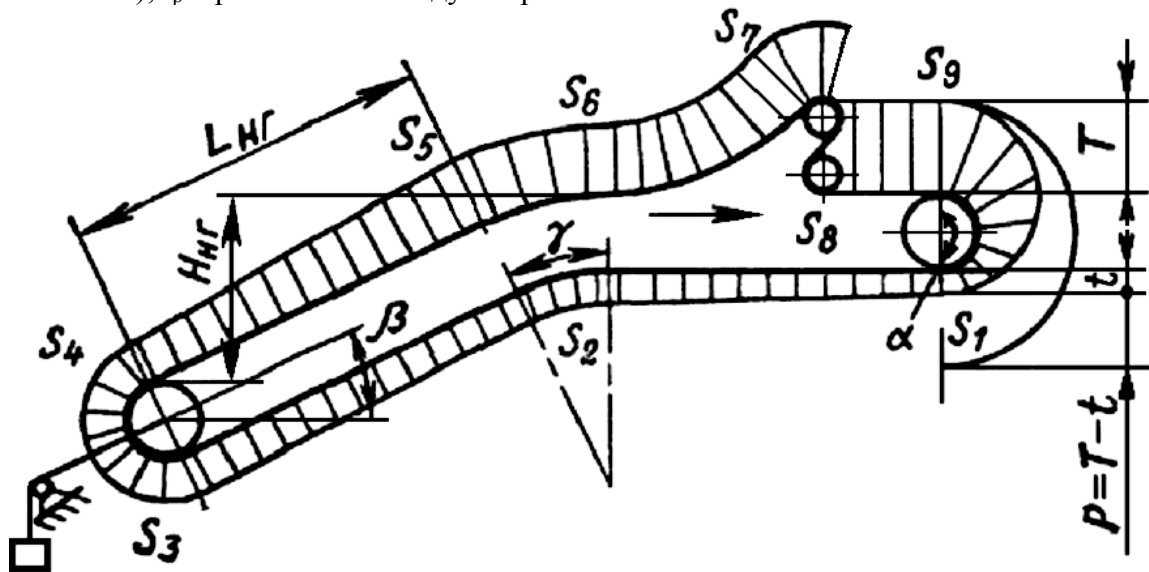


Рис.5.6. Расчетная схема ленточного конвейера

Эпюра на роликах разгрузочного устройства не показана (кроме участка на верхнем ролике)

Для конвейера, показанного на рис. 5.5 натяжение в конце наклонного грузевого участка составит

$$S_5 = S_4 + W_4,$$

где $W_4 = W_{нг} = (q + q_{л})gL_{нг}(\sin \beta + w \cos \beta)$ – сопротивление перед входом на ролик направляющую перед горизонтальным участком ленты; q – погонная масса транспортируемого материала в кг; $q_{л}$ – погонная масса ленты в кг; w – коэффициент сопротивления перемещению ленты с грузом (включает сопротивление на роликовых опорах и деформацию ленты).

Натяжение ленты после огибающего ролика

$$S_6 = S_5 + W_{ог},$$

где $W_{ог} = 2S_5(w \sin \gamma/2 + \xi)$ – сопротивление на огибающем ролике (в данном случае $\gamma = \beta$); w – коэффициент сопротивления огибающего ролика; ξ – коэффициент провеса.

Натяжение ленты перед разгрузочным устройством

$$S_7 = S_6 + W_{6-7},$$

где $W_{6-7} = (q + q_{л})gL_{6-7}w$ – сопротивление на горизонтальном и наклонном участках до разгрузочного устройства.

Натяжение после разгрузочного устройства

$$S_8 = S_7 + W_{ру},$$

где $W_{ру}$ – сопротивление на разгрузочном устройстве, определяемое в зависимости от его типа.

Максимальное натяжение ленты перед приводным барабаном

$$S_9 = S_8 + W_{8-9},$$

где $W_{8-9} = q_{л}gL_{8-9}w$ – сопротивление на горизонтальном порожнем участке перед приводным барабаном.

Натяжение ленты перед натяжным барабаном

$$S_3 = S_4 - W_{нб},$$

где $W_{\text{нб}} = (S_3 + S_4) \cdot \left(\frac{d}{D_6} \mu \sin \frac{\alpha}{2} + \zeta \right)$ – сопротивление на натяжном барабане; μ – коэффициент трения подшипников; $(S_3 + S_4)$ – геометрическая сумма натяжений ветвей ленты, огибающих барабан (без большой погрешности она равна $2S_4$).

Натяжение в точке перегиба нижней ветви ленты

$$S_2 = S_3 - W_{\text{нп}},$$

где $W_{\text{нп}} = q_{\text{л}} g L_{\text{нп}} (\sin \beta + w \cos \beta)$ – сопротивление на наклонном порожнем участке.

Натяжение сбегающей ветви

$$S_1 = S_2 - W_{\text{гп}},$$

где $W_{\text{гп}} = q_{\text{л}} g L_{\text{гп}} w$ – сопротивление на горизонтальном порожнем участке.

Зная S_9 и S_1 , определяют необходимое окружное усилие на приводном барабане

$$P = S_9 - S_1 = T - t$$

Необходимый угол охвата α определится из соотношения

$$e^{\mu \alpha} = S_9 / S_1 = T / t.$$

Для обеспечения необходимого угла охвата α можно применить прижимные ролики, увеличивающие угол охвата.

Если из выражения $e^{\mu \alpha} = S_9 / S_1 = S_{\text{н}} / S_{\text{сб}}$ угол охвата получается настолько большим, что он конструктивно неприемлем, следует увеличить натяжение ленты за счет массы дополнительного груза $m_{\text{доп}}$ (в кг), которая может быть определена из уравнения:

$$m_{\text{доп}} = \frac{S_{\text{н}} - S_{\text{сб}} e^{\mu \alpha'}}{0,5(e^{\mu \alpha'} - 1)},$$

где α' – фактически используемый угол охвата барабана лентой.

Аналогичным методом могут быть определены натяжения ленты на различных участках, необходимый угол обхвата, окружное усилие, мощность привода и при других конфигурациях конвейеров.

Работоспособность всех элементов мощных конвейеров должна быть проверена при пусковом режиме.

В некоторых конструкциях погрузочных машин применяются *скребковые конвейеры*, перемещающие груз скребками по неподвижной поверхности, а также внутри трубы или желоба.

В тех случаях, когда необходимо транспортировать горячие и острокромочные материалы, а также кусковые или штучные грузы большой массы, применяют цепные *пластинчатые транспортеры*.

Элеваторы служат для перемещения грузов и материалов в вертикальном или круто наклонном ($\alpha \approx 60^\circ$) направлениях. Для транспортирования сыпучих (цемент, песок) и мелкокусовых (щебень, гравий, шлак) материалов используют ковшовые элеваторы, а для штучных – полочные и люлочные. Несущим органом в элеваторе являются ковши или полки, а тяговым – втулочно-роликовая цепь или прорезиненная лента, на которой они смонтированы. Ковшовые элеваторы используются в дробильно-

сортировочных установках, растворных узлах, установках по приготовлению бетонных и асфальтобетонных смесей.

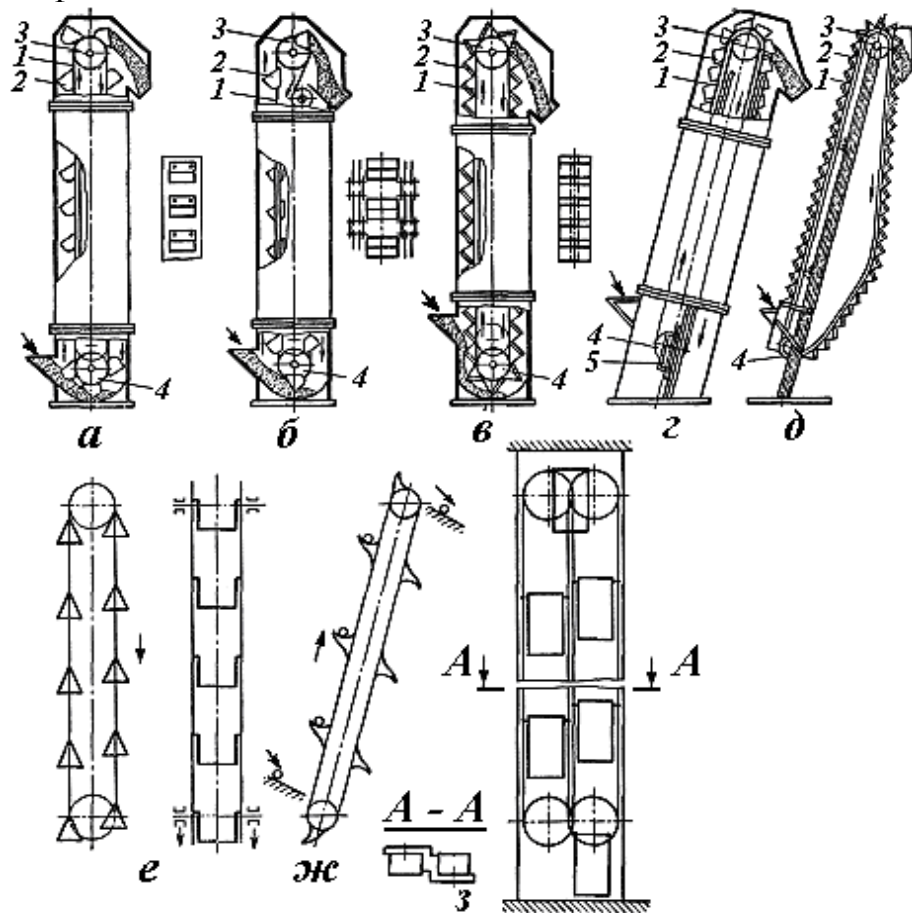


Рис.5.7. Ковшовые конвейеры (элеваторы):

а – ленточный; *б* – двухцепной; *в* – одноцепной; *г* – наклонный закрытый; *д* – наклонный открытый; *е* – люлечный; *ж* – полочный; *з* – пассажирский кабинный

Ковшовый элеватор имеет бесконечный замкнутый тяговый орган *1* (рис. 5.6), на котором с равными интервалами укреплены ковши *2*. Тяговым органом являются ленты (рис. 5.7, *а*), две или одна цепь (рис. 5.7, *б* и *в*). Лента огибает приводной *3* и натяжной *4* барабаны, укрепленные в крайних точках элеватора. Цепь огибает укрепленные в этих же точках звездочки. В пролете между крайними точками тяговый орган в вертикальных элеваторах небольшой высоты опор не имеет. В наклонных и высоких вертикальных элеваторах лента опирается на направляющие ролики. Цепи катятся роликами по направляющим (рис. 5.7, *г*) или опираются, так же как и лента, на направляющие ролики.

Элеватор защищен металлическим кожухом с окнами для осмотра, состоящим из отдельных секций. Наклонные элеваторы иногда бывают открытыми, без кожуха (рис. 5.7, *д*). С кожухом соединяют загрузочный и разгрузочный башмаки в местах загрузки и разгрузки. Привод барабана или звездочек устанавливают в верхней части элеватора. Вал нижнего барабана или звездочки вращается в передвигающихся подшипниках, связанных с винтовым натяжным устройством.

Элеваторы применяют для транспортирования материала на высоту до 50 м при производительности до 500 м³/ч. Они особенно удобны для заполнения высоких хранилищ – силосов или бункеров.

Различают элеваторы быстроходные, со скоростью тягового органа 1,25...2,0 м/с, тихоходные, со скоростью 0,4...1,0 м/с.

Быстроходные элеваторы применяют для транспортирования порошкообразных, мелко- и среднекусковых материалов; тихоходные – для транспортирования среднекусковых абразивных, крупнокусковых и плохо подвижных материалов.

Ковши крепят к тяговому органу с зазорами (в элеваторах с расставленными ковшами) или вплотную один к другому (в элеваторах с сомкнутыми ковшами). Первые элеваторы быстроходные, вторые – тихоходные. Загрузка ковшей быстроходных элеваторов происходит при прохождении ими нижнего (загрузочного) башмака, путем зачерпывания рис. 5.7, а и б). В тихоходных элеваторах загрузка производится путем засыпания материала в ковш (рис. 5.7, в, г и д).

В тихоходных элеваторах разгрузка ковшей осуществляется гравитационным путем, т.е. естественным высыпанием транспортируемого материала в лоток, при повороте ковшей вокруг верхней звездочки. В быстроходных элеваторах разгрузка ковшей происходит путем выбрасывания материала из ковшей под действием возникающей при повороте ковша вокруг звездочки силы инерции. Промежуточным типом являются элеваторы с гравитационно-центробежной разгрузкой (рис. 5.6, б), в которых разгрузка происходит в основном путем высыпания, но некоторая часть материала, находящаяся на поверхности ковша, выбрасывается под действием силы инерции. В таких (преимущественно цепных) элеваторах целесообразно размещать ковши между цепями и отклонять их направляющими роликами (рис. 5.7, б).

Разновидностью ковшовых элеваторов являются подъемники непрерывного действия для штучных грузов. В этих устройствах к тяговым цепям крепят не ковши, а шарнирно подвешенные площадки – люльки (рис. 5.7, е), что дает возможность не только поднимать, но и опускать грузы. Такие элеваторы называют люлечными. При жестком креплении полок к тяговым цепям элеватор делают наклонным (рис. 5.7, ж), он используется преимущественно для подъема различных штучных грузов, подающихся самотеком на полки и самотеком скатывающихся с них. Такие элеваторы используются в основном как погрузочно-разгрузочные устройства.

Элеваторы применяют и как пассажирские подъемники непрерывного действия (рис. 5.7, з). Кабины для пассажиров подвешивают шарнирно к двум цепям, что обеспечивает свободное прохождение через верхние и нижние звездочки.

Производительность ковшовых элеваторов колеблется от 5...10 до 150...200 м³/ч, определяется по формуле:

$$П = 3600 \frac{v}{t} q k_n \text{ м}^3/\text{ч}; \quad П = 3600 \frac{v}{t} q k_n \gamma \text{ т/ч},$$

где v – скорость движения ковшей (0,4...2 м/с); t – шаг ковшей в м; v/t – число ковшей, разгружаемых за 1 с; q – емкость одного ковша; (колеблется в пределах от 0,65 до 35 л); k_n – коэффициент наполнения ковшей материалом, равный 0,75...0,8 (цемент, сухой песок);

0,6...0,9 (щебень, гравий) и 0,4...0,6 (влажный песок); γ – объемный (насыпной) вес транспортируемого материала в т/м³.

5.3. Винтовые и вибрационные конвейеры

Винтовые конвейеры (шнеки) применяются для транспортирования на расстояние до 40 м пылевидных, легкосыпучих, а иногда и влажных (липких) материалов. Они устанавливаются в растворных узлах и бетоносмесительных установках для перемещения цемента и гипса. Часто их включают в состав погрузочно-разгрузочных машин.

Винтовой конвейер (рис. 5.8) состоит из желоба (иногда трубы) 1, винта 2, промежуточных подшипников 3, упорного подшипника 4, привода 5, загрузочных 6 и разгрузочных 7 патрубков с шиберными задвижками 8. Винты изготовляют сплошными, ленточными и лопастными. Ленточные и лопастные винты в процессе транспортирования перемешивают материал. Обычно винтовые конвейеры перемещают материал в горизонтальном и слегка наклонном (до 18...20°) направлении. При необходимости подачи материала в крутонаклонном направлении с углом наклона до 70...80° применяют конвейеры с быстроходным винтом ($n = 200...250$ об/мин).

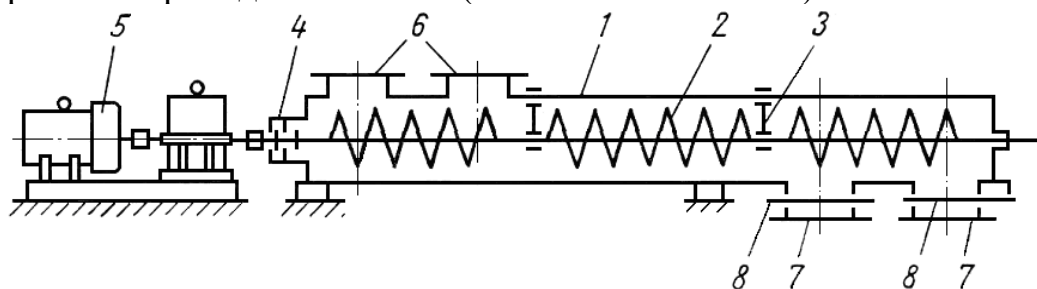


Рис. 5.8. Схема винтового конвейера

Производительность винтовых конвейеров обычно составляет от 15 до 60 м³/ч и определяется по формуле:

$$П = 60 \cdot F \cdot s \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad П = 60 \cdot F \cdot s \cdot n \cdot \gamma, \text{ т/ч},$$

где F – площадь поперечного сечения слоя материала в желобе в м²; $F = \pi \cdot D^2 k_3 k / 4$, D – диаметр винта, обычно в пределах от 150 до 600 мм; k_3 – коэффициент заполнения поперечного сечения винта материалом, равный: 0,3...0,45 для хорошо сыпучих материалов (цемент, сухой песок); 0,25...0,4 для мелкокусковых материалов (гравий, шлак); 0,15...0,3 для тестообразных и мокрых материалов (раствор, мокрая глина); k – коэффициент снижения заполнения при наклонном расположении шнека (колеблется от 1 до 0,65 в зависимости от угла наклона); s – шаг винта, обычно (0,8...1) D в м; n – число оборотов винта (от 40 до 120 в мин).

Вибрационные конвейеры служат для горизонтального и наклонного (15...20°) транспортирования сыпучих материалов. Перемещение материала таким конвейером обеспечивается в результате направленных колебаний металлического желоба или трубы с частотой колебаний от 600 до 1500 в мин. и амплитудой от 2 до 7 мм. Плоскость колебаний вибратора расположена под углом 15...45° к плоскости транспортирующего органа.

Вибрационный конвейер (рис. 5.9) состоит из неподвижной рамы 1, желоба или трубы 2, упругих элементов 3, вибрационного устройства 4. Такие конвейеры могут иметь вибрационные приводы: электромагнитные,

пневматические и механические. Последние делятся на дебалансные вибраторы с круговой траекторией или с направленными колебаниями и кривошипно-шатунные.

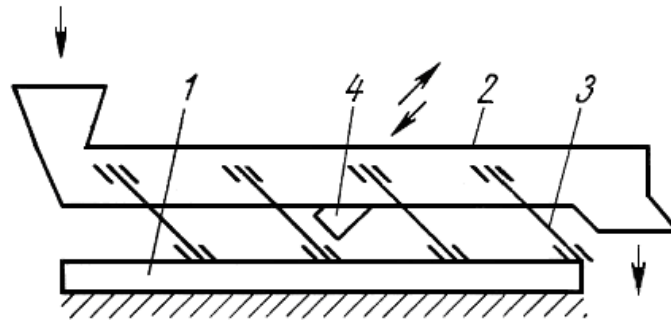


Рис.5.9. Схема вибрационного конвейера

Упругие элементы выполняются в виде рессор, спиральных пружин, резиновых конструкций или рычагов-качалок. У вибравационных конвейеров трущиеся детали их привода полностью изолированы от соприкосновения с транспортируемым материалом.

Производительность вибрационных конвейеров колеблется от 4 до 60 т/ч, а дальность транспортирования от 1 до 10 м; максимальный угол наклона 18° . Производительность вибрационного конвейера определяется по формуле:

$$P = 3,6 \cdot F \cdot v \cdot \gamma, \text{ т/ч,}$$

где F – площадь поперечного сечения материала в желобе в м^2 .

При прямоугольном желобе

$$F = B \cdot h,$$

где B – ширина желоба; h – высота слоя материала – для порошкообразных материалов и $h \approx 20 \dots 30$ мм; для мелкокусковых материалов $h \approx 40 \dots 60$ мм.

При трубчатом желобе

$$F = k_3 \pi \cdot D^2 / 4,$$

где k_3 – коэффициент заполнения; $k_3 \approx 0,25$; D – диаметр трубы желоба.

Для транспортеров с электромагнитными вибраторами

$$v = 0,5g \cdot \text{ctg} \alpha / \omega \text{ в м/с,}$$

где v – скорость перемещения материала вдоль желоба; g – ускорение земного тяготения в м/с^2 ; ω – частота вынужденных колебаний в Гц; α – угол перемещения материала в град.

Для качающихся вибрационных конвейеров средняя скорость перемещения груза в горизонтальном желобе зависит от величины коэффициента трения между транспортирующим материалом и материалом желоба (см. табл. 5.2).

Таблица 5.2.

Коэффициент трения	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Скорость в м/с	0,13... 0,14	0,2... 0,25	0,27... 0,32	0,33... 0,38	0,35... 0,4	0,38... 0,42	0,4... 0,45

Мощность привода вибрационного конвейера:

$$N = Gfv / 102 \eta \text{ кВт,}$$

где G – вес груза в желобе в кг; f – коэффициент трения материала о желоб; v – средняя скорость перемещения груза в м/с; η – к.п.д. $\eta \approx 0,5 \dots 0,6$.

5.4. Канатные подвесные дороги и канатно-ковшевые устройства

Канатные подвесные дороги применяются в тех случаях, когда рельеф местности затрудняет использование других видов транспортных средств затруднительно. Особенно часто канатные подвесные дороги применяются при строительстве горных автомобильных и железных дорог, т.е. когда приходится преодолевать высокие перевалы, ущелья, горные реки и т.п. Канатные подвесные дороги бывают двухканатные и одноканатные. Двухканатные дороги имеют два каната, один неподвижный – несущий, играющий роль рельса, по которому катятся подвесные тележки, и другой движущийся – тяговый, который приводит в движение подвесные тележки.

В одноканатных дорогах имеется всего один движущийся канат, который одновременно является и несущим и тяговым. Наибольшее распространение в строительстве получили двухканатные подвесные дороги, имеющие большую грузоподъемность и производительность.

Двухканатная подвесная дорога (рис. 5.10) состоит из несущих неподвижных канатов 7, по которым движутся вагонетки 6. С одной стороны эти канаты закреплены неподвижно, а с другой – натянуты, грузами 5. Тяговый канат 2, к которому прикреплены вагонетки, приводится в движение от двигателя 3, установленного на одной из конечных станций. На другой станции канат огибает шкив 4 грузового натяжного устройства. Опоры 1 поддерживают несущие и тяговые канаты. Разгружаются вагонетки обычно опрокидыванием кузова.

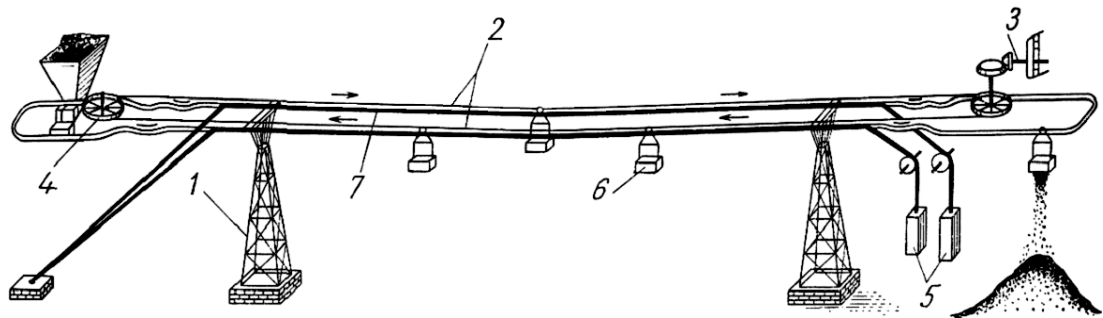


Рис. 5.10. Схема двухканатной подвесной дороги

У подвесных дорог значительной протяженности (свыше 2,5...3 км) применяются промежуточные натяжные станции. Высота опор, в зависимости от рельефа местности, колеблется от 8 до 12 м. При грузоподъемности тележек 250...1800 кг и скорости их движения 2,5 м/сек производительность подвесных дорог находится в пределах 20...300 т/ч.

Производительность подвесной дороги определяется по формуле:

$$Q = nG/1000 \text{ т/ч,}$$

где n – число тележек, подаваемых в час; G – вес груза в кг.

Мощность двигателя для привода подвесных двухканатных дорог определяется по формуле:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \text{ кВт}$$

где N_1 – мощность, затрачиваемая на передвижение вагонеток по горизонтальному пути; N_2 – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений на конечных станциях ($N_2 = 3...5$ кВт); N_3 – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений в каждой

промежуточной станции ($N_3 = 3...4$ кВт); N_4 — мощность, затрачиваемая на подъем вагонеток:

$$N_4 = QH\eta/367 \text{ кВт},$$

где Q — производительность дороги в т/ч; H — разность высот конечных станций в м; η — к.п.д. привода ($\eta = 0,7...0,8$).

Ориентировочно при производительности 10 т/ч можно принять $N_1 = 3$ кВт. При увеличении производительности на каждые 10 т/ч затрачиваемая мощность увеличивается на 1 кВт.

Канатно-ковшовые установки применяют для перемещения кусковых и сыпучих материалов внутри склада. Они могут быть передвижными и стационарными. Производительность передвижных установок до 100 т/ч, а стационарных до 500 т/ч. Канатно-ковшовая установка (рис. 5.11) состоит из головной башни 1, на которой укреплены блоки 2 для направления головного каната 3 и хвостового 4, идущих с двухбарабанной лебедки. К канатам прикреплен бездонный ковш 5. Хвостовой канат проходит через блок 6 передвижной хвостовой башни 7, блок 8 и возвращается на другой барабан лебедки. Емкость ковшей от 0,5 до 5,0 м³.

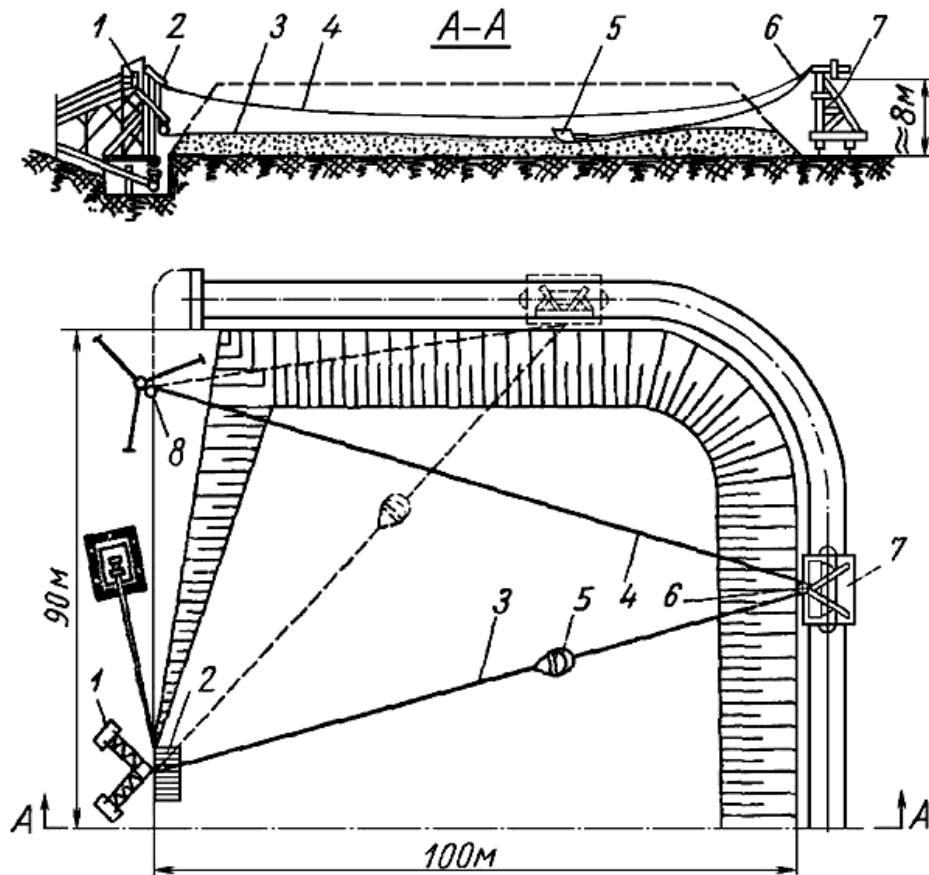


Рис. 5.11. Схема канатно-ковшовой установки

Перемещение материалов по складу осуществляется возвратно-поступательным движением ковша. При рабочем движении ковш врезается в материал, захватывает его и перемещает волоком до места разгрузки. При обратном движении ковш не захватывает материал. Скорость движения ковша 1,2...2,5 м/с.

Достоинством канатно-ковшовых установок является простота работы и обслуживания, относительно малые затраты на их устройство и содержание; недостатком – быстрый износ канатов.

Производительность канатно-ковшовой установки определяется по формуле:

$$Q = 3,6V\gamma/\Sigma t \text{ т/ч,}$$

где V – емкость ковша, м³; γ – объемный вес материала, кг/м³; Σt – продолжительность цикла, с:

$$\Sigma t = l/v_{гр} + l/v_{пор} + t,$$

где l – средняя длина перемещения ковша, м; $v_{гр}$ и $v_{пор}$ – скорости движения груженого и порожнего ковша, м/с; t – время, расходуемое на изменение направления движения ($t=10$ с).

Мощность двигателя привода лебедки определяют по формуле:

$$N = \Sigma W v_{гр} / 102\eta \text{ кВт,}$$

где ΣW – тяговое усилие в канате при рабочем ходе ковша; η – к.п.д. канатно-ковшовой установки ($\eta = 0,7 \dots 0,75$). Тяговое усилие в канате ориентировочно можно определить по эмпирической формуле:

$$\Sigma W = 1,5V\psi\gamma \text{ кг,}$$

где ψ – коэффициент заполнения ковша ($\psi = 0,9 \dots 1,2$).

5.5. Пневмотранспорт сыпучих материалов

Пневмотранспортные установки могут перемещать сыпучие материалы по сложной траектории; забирать их из различных средств доставки и труднодоступных мест; выдавать материал в различных точках. Пневмотранспорт надежно защищает груз от атмосферных воздействий и обеспечивает необходимые санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала. Окружающая среда защищена от распыления транспортируемого материала, и требования экологии соблюдаются.

Пневмотранспортные установки удобны для размещения оборудования и трубопроводов, которые могут быть проложены с учетом любых местных условий производства, в том числе и в труднодоступных местах. Это оборудование отличается простотой эксплуатации, легкостью управления, возможностью автоматизации процессов транспортирования и дистанционного управления.

Применение пневмотранспорта улучшает условия труда на предприятиях строительной индустрии, при производстве цемента, гипса и других вяжущих материалов. Широкое внедрение пневмотранспорта для пылящих материалов имеет большое социальное значение – резко уменьшается опасность массовых профзаболеваний.

К недостаткам пневмотранспорта относят сравнительно высокий удельный расход электроэнергии и износ трубопроводов и других частей установок, взаимодействующих с транспортируемым материалом.

В настоящее время промышленность выпускает серийно вагоны-цистерны с пневморазгрузкой, специализированный автотранспорт, оборудованный пневмосистемами, камерные и винтовые насосы различных модификаций, пневморазгрузчики и пневмоподъемники сыпучих материалов,

донные и боковые выгрузатели, различное оборудование для пневмосистем, вакуум-насосы, воздуходувки и компрессоры.

Основными вяжущими материалами, применяемыми в строительстве, являются цемент, известь и гипс. Различные виды цемента, изготавливаемые в России (портландцемент, гидрофобный, сульфатостойкий и пуццолановый цемент, глиноземный цемент, шлакопортландцемент, и др.), отличаются по физико-механическим свойствам, которые влияют на процесс пневмотранспортирования и, соответственно, должны учитываться. Пневматический транспорт применяется для перемещения порошкообразной извести, молотой известняковой муки, минеральных порошков для асфальтобетонных смесей, сухой золы, керамзита и других сыпучих материалов.

Широко применяется пневматическое транспортирование для перемещения сухих цементно-песчаных и известково-песчаных смесей в установках по набрызгу бетонных и растворных смесей при безопалубочном бетонировании; для укрепления горных выработок; при изготовлении тонкостенных резервуаров; при замоноличивании стыков сборных железобетонных конструкций.

Пневматический транспорт применяют в строительстве при выполнении различных производственных процессов и особенно часто при погрузке и разгрузке вяжущих материалов. Так, пневматический транспорт применяют при загрузке и выгрузке вяжущего из всех видов наземных транспортных средств закрытого типа. Перевозить вяжущие материалы в открытых автомобилях, железнодорожных полувагонах и вагонетках запрещено из-за больших потерь этого ценного строительного материала. Для этих целей созданы специализированные автомобильные и железнодорожные транспортные средства различной грузоподъемности, из которых вяжущие материалы выгружают по трубопроводу непосредственно в силос склада. Пневматический транспорт применяют при загрузке и выгрузке цемента из речных барж, в различных складских операциях и для подачи цемента со склада в расходные бункера бетоно-растворосмесительных заводов и установок.

В зависимости от характера и объема работ в строительстве применяют все основные виды и типоразмеры пневмотранспортных установок и оборудования с различными параметрами (производительностью от 0,1 до 100 т/ч; дальностью подачи от 1,5 до 1000 м; с расходом сжатого воздуха от 0,5 до 100 м³/мин и т.д.).

В большинстве пневмотранспортных установок в качестве транспортирующего газа используют воздух. Однако, когда не допустимо соприкосновение воздуха с транспортируемым материалом, применяют инертный газ (например, при транспортировании взрывоопасных и легкоокисляющихся материалов). Установки для пневматического транспортирования материалов различают по давлению несущего потока, размеру частиц и концентрации перемещаемого материала в потоке, характеру движения потока, типам питательных устройств и др. Наиболее часто их классифицируют по концентрации перемещаемой смеси материала с воздухом

и значению давления в пневмосистеме. Концентрация смеси перемещаемого материала μ (или расходная массовая концентрация) – отношение массы материала к массе транспортирующего воздуха (материал, кг / воздух, кг).

Различают установки с низкой, средней и высокой концентрацией частиц транспортируемого материала. За верхнюю границу низкой концентрации принимают расходную массовую концентрацию μ до 4 кг/кг. Средняя концентрация соответствует значению μ от 4 до 20 кг/кг, $\mu > 20$ кг/кг характеризует поток с высокой концентрацией. Границей между пневматическим транспортированием с разбавленной и плотной фазами является расходная массовая концентрация 50...60 кг/кг. Массовая концентрация 500...600 кг/кг считается наиболее высокой.

В последнее время в различных отраслях промышленности стали применять новые, более экономичные установки пневмотранспорта, в которых материал перемещается сплошным потоком, т.е. в условиях плотной фазы (аэрожелоба, поршневой транспорт). Еще более экономичен интенсивно развивающийся контейнерный пневмотранспорт, в котором материал перемещается по трубопроводам в специальных емкостях-контейнерах.

По способу воздействия воздуха все пневмотранспортные установки можно разделить на несколько основных групп (рис. 5.12).

К первой группе относятся пневмотранспортные установки, в которых сыпучий материал перемещается в потоке воздуха, т.е. на материал действуют силы давления. По способу создания в транспортном трубопроводе разности давления эти установки могут быть всасывающего, нагнетательного и всасывающе-нагнетательного действия. Для перемещения сыпучего материала в воздушном потоке скорость потока должна превышать скорость витания перемещаемого материала, которая может быть определена эмпирической зависимостью

$$v_{\text{вит}} \approx 4,8\sqrt{d \cdot \gamma},$$

где d – средняя величина поперечного размера частиц перемещаемого материала; γ – плотность частиц.

Пневмотранспортные установки второй группы работают по принципу аэрации порошкообразных материалов. Здесь воздух косвенно воздействует на перемещаемый материал. Установки этой группы по характеру выполняемых работ подразделяются на аэротранспортные и аэрационные.

Установка всасывающего действия (рис. 5.12, а) состоит из заборного устройства или сопла 1, системы материалопроводов 2, осадителя материала с фильтрами 3, воздухопровода 4 и побудителя тяги – воздуходувки или вакуум-насоса 5, который просасывает через всю установку воздух. Этот воздух, поступая в сопло, захватывает материал, перемещая его по системе материалопроводов.

Материал выделяется в осадителе, а транспортирующий воздух очищается, проходя через фильтры, и выбрасывается в атмосферу. Всасывающие установки имеют разгрузочные устройства и фильтры сложной конструкции, находящиеся под значительным разрежением. Из них необходимо непрерывно выводить наружу осажденный материал.

В установках всасывающего действия используется низкий (до 90 кПа), средний (до 70 кПа) и высокий (до 40 кПа) технический вакуум.

В пневматических установках нагнетательного действия (рис. 5.12, б) трубопроводы и аппаратура находятся под избыточным давлением.

Материал подается в пневмотранспортную систему специальным устройством: пневматическим винтовым насосом, камерным насосом, струйным насосом и т.п.

Главной отличительной особенностью нагнетательных установок является высокая величина избыточного давления, что позволяет применять их для транспортирования материалов на значительные расстояния при максимальных концентрациях аэросмеси. Рабочее давление сжатого воздуха на входе в установку составляет 30 кПа, а в отдельных случаях – 500...600 кПа.

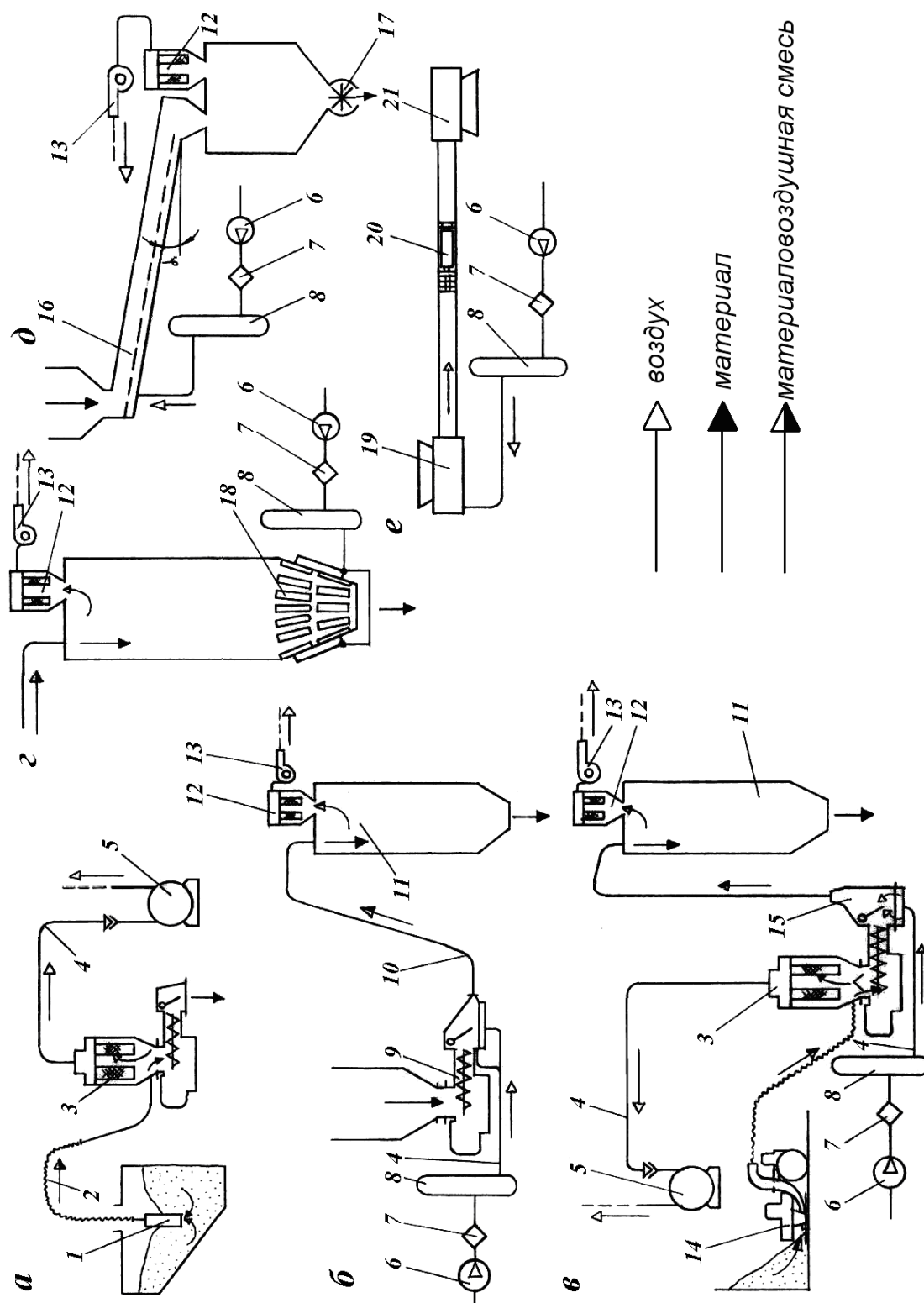


Рис. 5.12. Схемы пневмотранспортных установок:

а – всасывающая; б – нагнетательная; в – всасывающе-нагнетательная; 1 – контейнерная; 2 – клапан; 3 – клапан; 4 – клапан; 5 – клапан; 6 – клапан; 7 – клапан; 8 – клапан; 9 – клапан; 10 – клапан; 11 – клапан; 12 – клапан; 13 – клапан; 14 – клапан; 15 – клапан; 16 – клапан; 17 – клапан; 18 – клапан; 19 – клапан; 20 – клапан; 21 – клапан.

Установки всасывающе-нагнетательного действия (рис. 5.12, в) сочетают основные преимущества рассмотренных установок. В них использованы заборные устройства установок всасывающего действия, работающих без пылевыведения.

В основном, наиболее протяженном, транспортном трубопроводе материал переносится под давлением при более высоких концентрациях. В небольших установках обе ветви (всасывающая и нагнетающая) могут работать от одного вентилятора. Осадитель 3 всасывающей установки имеет в верхней

части матерчатый фильтр, который не допускает попадания пыли в воздухоудвную машину.

Аэрационная установка (рис. 5.12, з) применяется для равномерной выгрузки материалов из силосов и бункеров. Расположенные в конической части силоса аэролотки 18, через перфорированную поверхность которых подается сжатый воздух, аэрируют материал, не позволяют ему зависать и образовывать своды при выпуске из емкости.

В аэротранспортной установке (рис. 5.12, д) происходит псевдоожижение сыпучего материала сжатым воздухом, проходящим через перфорированную перегородку, расположенную внутри аэрожелоба 16. Мелкий некомкующийся материал в псевдоожиженном слое устойчиво перемещается вдоль желоба, устанавливаемого под небольшим углом к горизонтальной плоскости, за счет гравитационных сил и пониженного коэффициента трения, за счет воздушной подушки. Они относятся к установкам нагнетательного действия с низким давлением, транспортирующим материал в условиях плотной фазы.

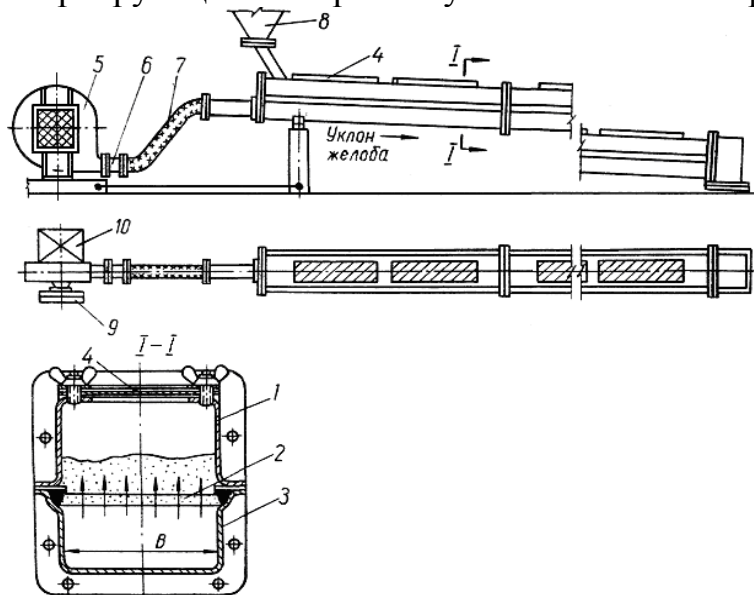


Рис. 5.13. Пневматический транспортный желоб

Конструктивная схема аэрожелоба приведена на рис. 5.13. Он состоит из двух частей 1 и 3, изготовленных из листовой стали и соединенных болтами. Между частями желоба помещают пористую перегородку 2, которая может быть керамической или матерчатой – тканой, цельной или составной. Материал поступает из бункера 8 и движется в желобе по поверхности перегородки. Вентилятором 5 с двигателем 10 через всасывающий фильтр 9 и гибкий шланг 7 подают воздух в нижнюю часть желоба, который равномерно распределяется по всей поверхности перегородки и, проходя сквозь нее, аэрирует слой материала, приводя его в состояние текучести. Далее воздух проходит сквозь слой материала и пропускается через матерчатые фильтры 4, расположенные в окнах по всей длине крышки желоба. Подача воздуха регулируется дросселем 6. Пневматический желоб в ряде случаев выгоднее винтового конвейера, так как в нем отсутствуют движущиеся изнашивающиеся части и он менее энергоемок. Давление сжатого воздуха составляет 0,005 МПа, скорость

перемещения частиц материала – не более 4...7 м/с, а концентрация до 600...800 кг/кг.

В последнее время на ряде промышленных предприятий успешно применяют контейнерный пневмотранспорт (рис. 5.11, *е*). Материал при таком пневмотранспортировании перемещается по трубопроводам в специальных емкостях под действием давления воздуха. Высоконапорное импульсное пневмотранспортирование (рис. 5.14) осуществляется в установках пульсирующего действия. В них материал перемещается импульсами в виде пробок с промежутками, заполненными сжатым воздухом. Материал подается с высокой концентрацией, и его можно транспортировать, даже если он имеет плохую текучесть, склонен к налипанию на стенки трубопровода. Также можно перемещать без разрушения частиц гранулированные и зернистые материалы. Импульсное транспортирование со скоростями от 2 до 6 м/с отличается высокой экономичностью, так как при минимальном расходе воздуха достигается высокая производительность. Малые скорости материаловоздушных потоков дают возможность снижать общие энергетические затраты, сокращать абразивный износ элементов установки, транспортировать чувствительные к истиранию продукты, ликвидировать расслоение подаваемой смеси и применять фильтрующие установки с малой поверхностью фильтров.

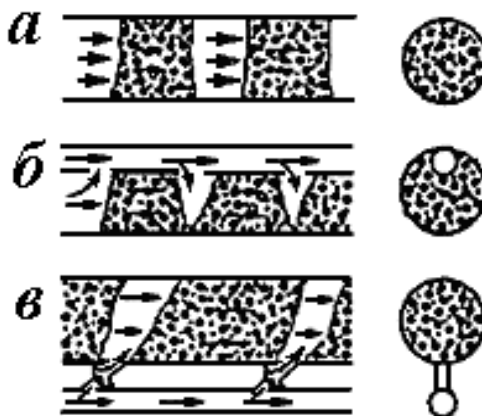


Рис. 5.14. Схемы импульсного пневмотранспортирования:

- а* – импульсная подача с образованием пробок в начале транспортного трубопровода;
- б* – импульсная подача с прокладкой перфорированного транспортного трубопровода;
- в* – импульсная подача с прокладкой параллельного воздухопровода с форсунками

Разгрузчики цемента. В последние годы созданы разнообразные машины для выгрузки цемента из крытых железнодорожных вагонов, судов и барж. Наиболее широко применяются вакуумные разгрузчики (рис. 5.15) производительностью 15...90 т/ч.

В состав разгрузчика входят: самоходное заборное устройство 1, гибкий цементопровод 2, осадительная камера 3, водокольцевой вакуум-насос 5, шкаф с электроаппаратурой 4.

Заборное устройство серийных разгрузчиков цемента (рис. 5.16) представляет собой самоходную тележку безрамной конструкции на двух ребристых металлических колесах 9 с приводом от индивидуальных электродвигателей 7 через специальные червячные редукторы 8. В центральной части тележки смонтирован редуктор 4 с электродвигателем 5 привода

подгребающих дисков 1, расположенных под углом 3° к плоскости пола вагона. В дисках выполнены пазы (перфорации) заданной формы со скошенными внутренними стенками. С помощью перфорации разгружаемый сыпучий материал подается вращающимися дисками к заборной кромке всасывающего сопла. Режим работы дискового питателя обеспечивает дозированную подачу материала к соплу, причем в процессе перемещения разгружаемый материал частично насыщается воздухом, что способствует интенсификации его поступления во всасывающее сопло. Для обрушения цементной массы на диски к передней стенке редуктора прикреплен штыревой рушитель 3. В ряде конструкций применяются приводные рушители. Над подгребающими дисками расположено всасывающее сопло 2, конфигурация которого обеспечивает введение материала во всасывающую линию при сравнительно небольших потерях давления на разгонном участке трубопровода. К верхней части сопла крепится поворотный патрубок 10, на который насаживается гибкий резиноканевый рукав 6. К нижней части сопла крепится зачистное устройство, улучшающее зачистку пола вагона от разгружаемого материала. Оператор с переносного пульта включением соответствующих кнопок может перемещать заборное устройство вперед, назад и разворачивать его на месте. Основные параметры, определяющие производительность заборного устройства, — диаметр перфорированных дисков и соответствующее сечение всасывающего сопла.

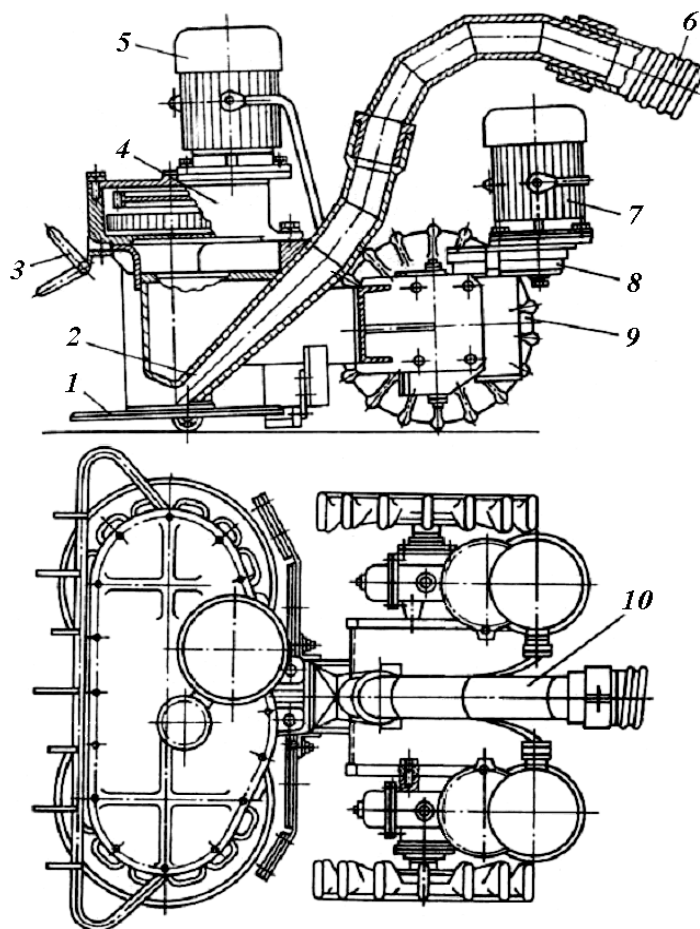


Рис. 5.15. Общий вид пневматического разгрузчика цемента всасывающего типа

Цементопровод разгрузчика состоит из трех секций резиноканевых рукавов общей длиной 12 м, что достаточно для забора материала из всех частей железнодорожного вагона. Увеличение длины всасывающей линии нежелательно, так как вследствие увеличения потерь давления ухудшается работа разгрузчика.

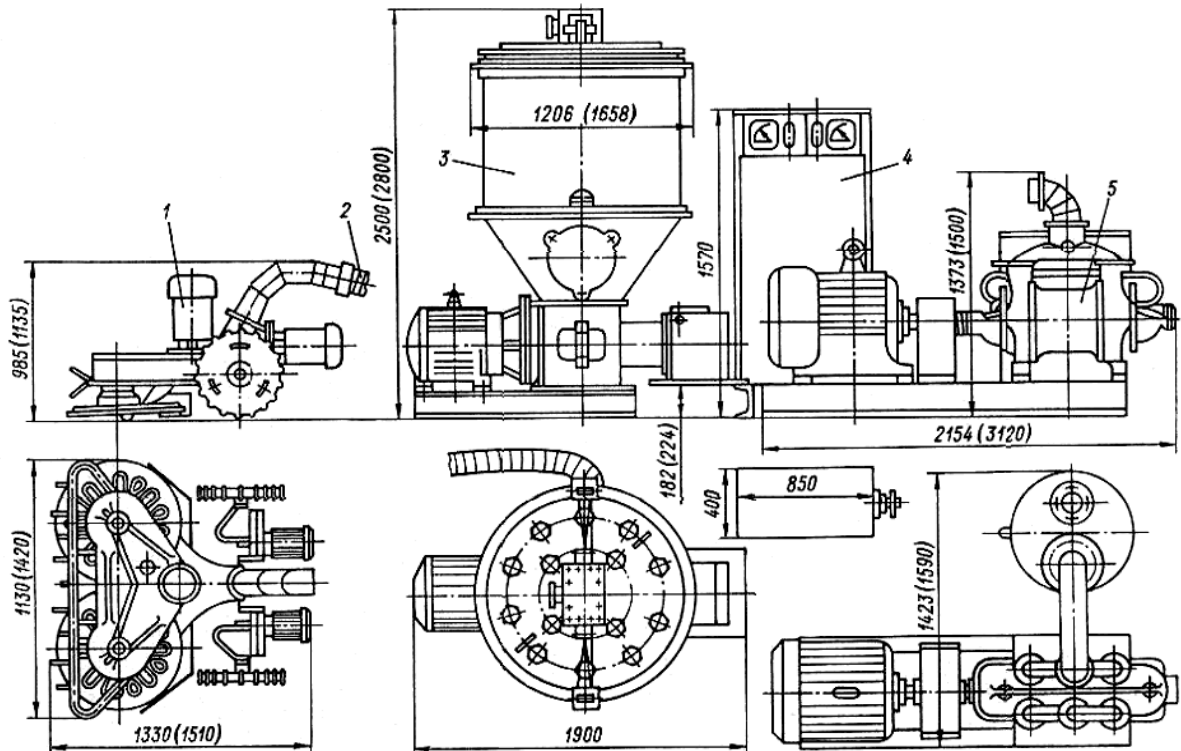


Рис. 5.16. Заборное устройство пневматического разгрузчика всасывающего типа

Осадительная камера (рис. 5.17) состоит из камеры фильтров 4, механизма выгрузки 1 и механизма продувки фильтров 5. Камера фильтров представляет собой металлический бункер цилиндрической формы с коническим днищем, установленный на корпусе шнека 8 механизма выгрузки. В камере фильтров, разделенной на два отсека перегородкой, размещены рукавные фильтры 3. Фильтровальная рукавная ткань надета на проволоочный каркас, предотвращающий сплющивание фильтра во время работы, и закреплена на нем хомутами. Собранные фильтры устанавливают и закрепляют в верхней части камеры. На конической части камеры фильтров расположены два люка для монтажа и ревизии фильтров. Под фильтрами смонтирован металлический отбойник 2, предохраняющий ткань фильтров от пробоя посторонними предметами, загрязняющими цемент, и отбрасываемыми лопастями шнека.

Фильтры очищаются во время кратковременного поочередного сообщения отсеков осадительной камеры с атмосферой. Механизм очистки (продувки) состоит из сварного корпуса, в котором расположены закрепленные на штоках тарелки клапанов. Закрываются наружные клапаны пружинами. Во время работы разгрузчика весь отсасываемый воздух проходит через фильтры в вакуум-насос. Для очистки фильтров шток клапана перемещается тросовой

системой вручную, при этом атмосферный воздух проходит с большой скоростью через фильтровальную ткань в обратном направлении.

Механизм выгрузки состоит из корпуса шнека 8, электродвигателя 6 с установленным и закрепленным на его валу напорным шнеком 12, узла уплотнения 7, обратного клапана 15, выгрузочного патрубка 14 и рамы 17. Напорный шнек плотно насажен на конусный конец винтовой втулки 10, напрессованной на вал электродвигателя, и закреплен с помощью шпильки 11. Уплотнение вала шнека обеспечивается вращающейся в гильзе 9 винтовой втулкой 10 в сочетании с сальниковой набивкой, выполненной из асбестографитового шнура диаметром 8 мм, поджатого в гнезде грундебуксой.

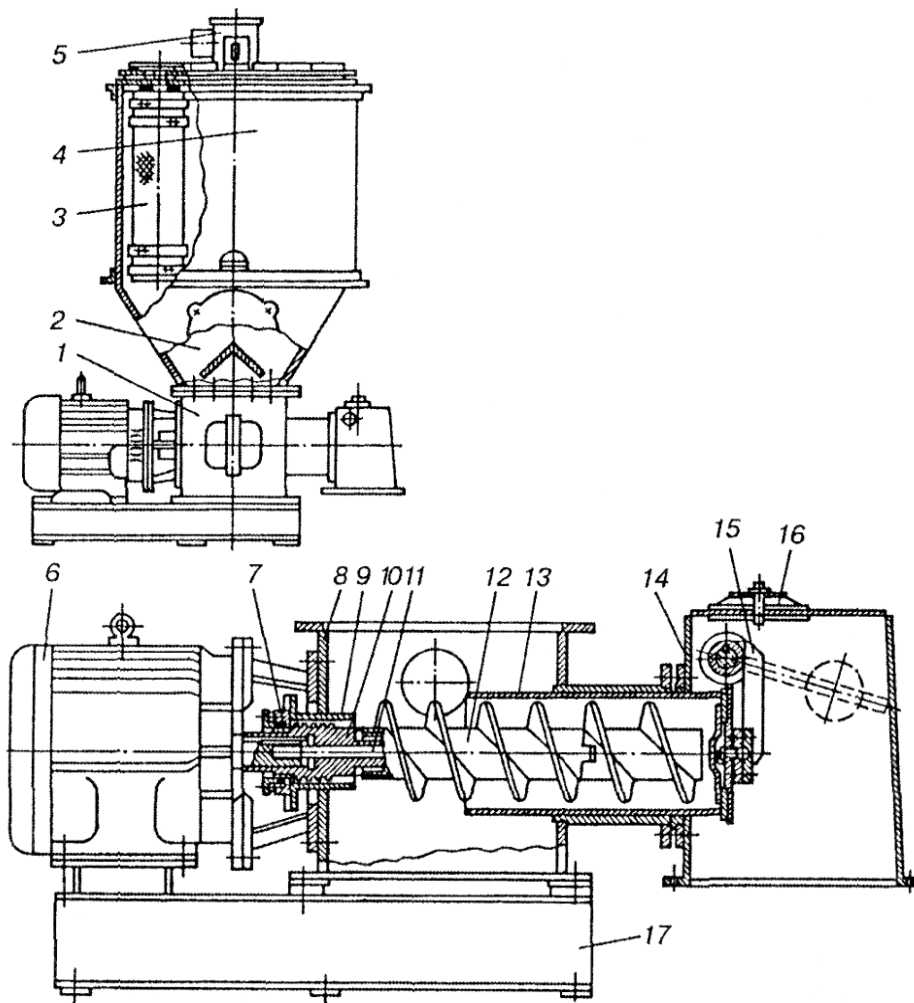


Рис. 5.17. Осадительная камера пневморазгрузчика цемента всасывающего типа

Основная масса цемента отбрасывается винтовой частью уплотнения, остальная часть задерживается сальниковой набивкой. Между винтовой втулкой и гильзой предусмотрен зазор 0,5...0,6 мм на сторону. При увеличении этого зазора надежность работы уплотнения снижается.

Для предотвращения проникновения атмосферного воздуха в полость шнека в патрубке механизма выгрузки устанавливается обратный клапан 15, создающий цементную пробку в гильзе. Для этого в конструкции шнека часто предусматривается уменьшение шага витков в направлении движения материала, но это увеличивало потребляемую мощность и износ шнека и гильзы 13. Выполнение шнека с большим шагом на конце, как показано на рис.

5.17, обеспечивает создание надежной цементной пробки в конце гильзы даже в разгрузчиках цемента всасывающе-нагнетательного и нагнетательного действия, а также в пневмоподъемниках, когда вместо выгрузочного патрубка 14 имеется смесительная камера, в которой цемент перемешивается с воздухом, подаваемым под давлением. Ось клапана смонтирована на шарикоподшипниках в выносных опорах. Для обеспечения необходимой износостойкости витки шнека наплавляются по торцовой и рабочей поверхности износостойкой порошковой лентой.

Для создания разрежения в системе пневматического разгрузчика цемента применяют водокольцевой вакуум-насос соответствующей производительности по воздуху. В комплект электрооборудования входят шкаф с электроаппаратурой; две клеммные коробки, одна из которых устанавливается в помещении склада цемента, а вторая – на заборном устройстве; переносной пульт управления и комплект электрокабелей. В системе дистанционного управления заборным устройством применено безопасное напряжение 40 В. В пластмассовом корпусе пульта управления смонтированы кнопки управления заборным устройством и тумблер включения дискового питателя. В электрошкафу расположена вся пусковая аппаратура и приборы контроля. Открывающаяся передняя дверца и съемная задняя стенка обеспечивают удобство монтажа и обслуживания электроаппаратуры. Заборное устройство через распределительную коробку соединено с электрошкафом и пультом управления кабелями.

С переносного пульта управления включаются и выключаются электродвигатели привода перфорированных дисков и колес.

Все агрегаты разгрузчика и клеммные коробки для заземления присоединены к общему заземляющему контуру склада цемента.

Агрегаты пневморазгрузчика устанавливают на месте эксплуатации в соответствии с типовой схемой прирельсового склада цемента силосного типа (рис. 5.18) в целях повышения эксплуатационной производительности пневморазгрузчика осадительную камеру целесообразно располагать возможно ближе к рельсовому пути над приемным бункером вместимостью не ниже 1,5...2 т.

Под приемным бункером монтируют пневматический подъемник цемента соответствующего типоразмера, обеспечивающий подачу разгружаемого материала в силосные емкости склада.

Вакуум-насос с водоотделительным бачком и шкаф с электроаппаратурой монтируют в отдельном, смежном со складом помещении машинного отделения. Для нормальной эксплуатации разгрузчика в зимнее время это помещение должно быть утеплено. Эксплуатационная производительность разгрузчиков зависит от времени, затрачиваемого обслуживающим персоналом на выполнение вспомогательных операций, включая открывание дверей крытого железнодорожного вагона, установку въездного трапа, разборку и удаление щита дверного проема и зачистку вагона после выгрузки основной массы.

В России ведущей фирмой, разрабатывающей и выпускающей пневмотранспортное оборудование, является ОАО «Строительные машины» (Санкт-Петербург). Всасывающие пневматические установки широко применяют за рубежом для выгрузки пылевидных, мелкозернистых и гранулированных сыпучих грузов, перевозимых навалом железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. За рубежом длительное время осуществляется производство и совершенствуются конструкции пневмовинтовых насосов. Ведущими фирмами являются Fuller (США) и Claudius Peters Technologies (ФРГ). Бельгийская фирма Vigan выпускает пневмоустановки всасывающе-нагнетательного действия. Швейцарская фирма B  ller выпускает пневмотранспортные установки трех типоразмеров.

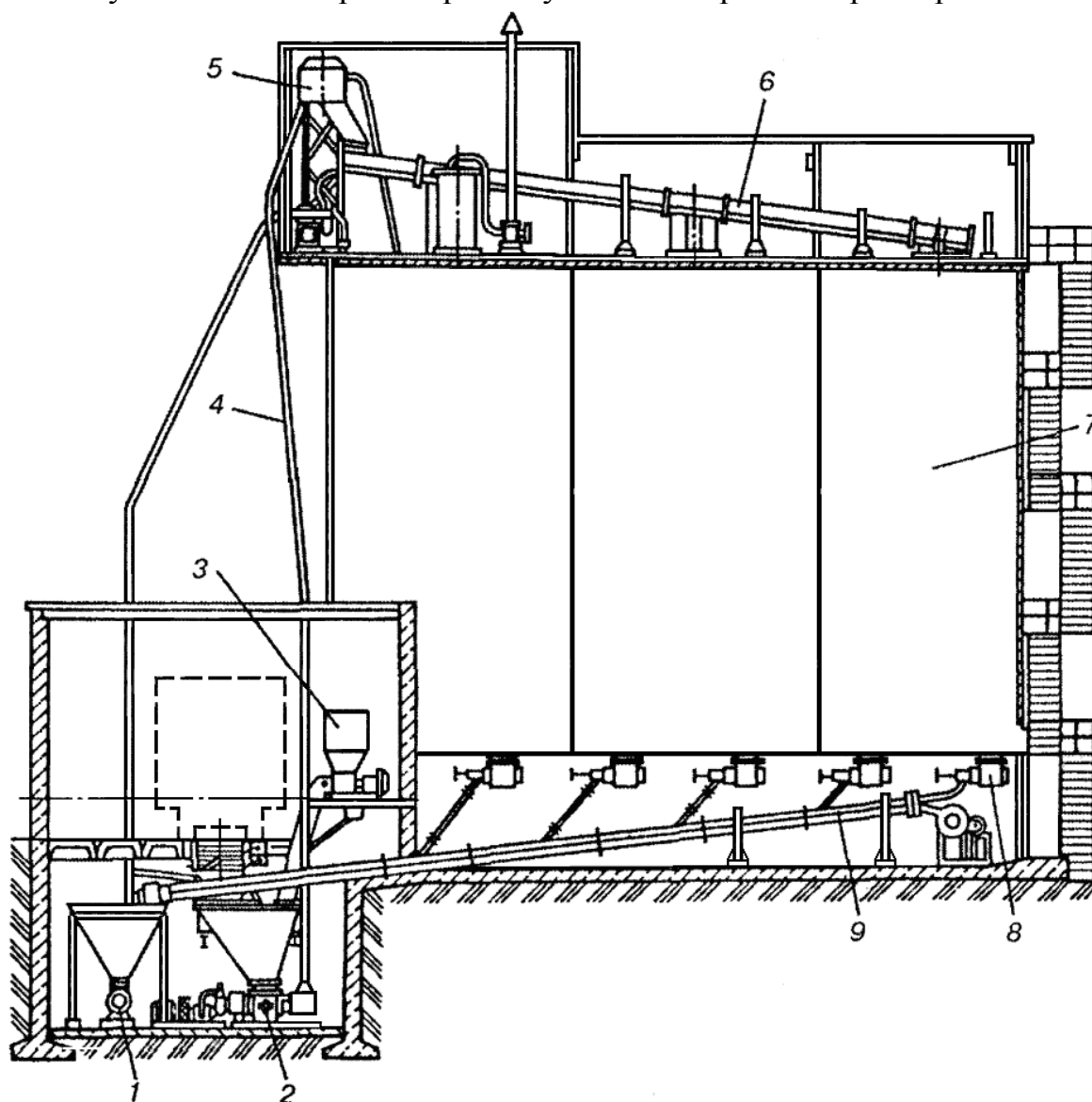


Рис. 5.18. Схема установки пневморазгрузчика цемента всасывающего действия на силосном складе цемента: 1 – пневматический винтовой насос; 2 – пневматический подъемник; 3 – пневморазгрузчик цемента всасывающего действия; 4 – цементопровод; 5 – бункер-осадитель; 6 – аэрожелоб; 7 – силосные емкости; 8 – донный выгрузатель; 9 – аэрожелоб

Шведская фирма Atlas Corco выпускает пневматические всасывающие установки для перемещения зернистых и гранулированных сыпучих материалов, например зерна, песка, стальных опилок, дробы, медного шлака,

формовочной земли. Небольшие габаритные размеры установки позволяют использовать ее на различных площадках, вместе с компрессором размещать на автомобильном прицепе, устанавливать на палубе разгружаемого судна.

Основные узлы установки (рис. 5.19) – эжектор 5, первичный 3 и вторичный 4 сепараторы и блок управления 6. Воздушный эжектор создает вакуум в двух сепараторах и всасывающем трубопроводе 2. Разгружаемый материал проходит через заборное сопло 1 и направляется в первичный сепаратор 3, где отделяются крупнозернистые частицы; более мелкие эффективно сепарируются во вторичном циклонном сепараторе 4, а транспортирующий воздух выбрасывается в атмосферу через эжектор. Для опорожнения сепараторов во время работы под ними расположены шлюзовые камеры 8. Между сепаратором и соответствующей шлюзовой камерой, а также между шлюзовой камерой и атмосферой установлены специально сконструированные клапаны, приводимые в действие сжатым воздухом. Перед опорожнением сепаратора в шлюзовой камере с помощью специального вентиля 7 создается такое же разрежение, как и в сепараторе. После открытия верхнего клапана 9 включается пневматический шаровой вибратор, обеспечивающий полное опорожнение сепаратора от материала. После закрытия верхнего клапана в шлюзовой камере вновь создается атмосферное давление, при котором открывается нижний клапан 10, и материал выгружается. Специальный блок 6 автоматически управляет работой установки, причем цикл работы устанавливается в зависимости от перемещаемого материала. Установкой можно управлять и вручную, используя блок управления.

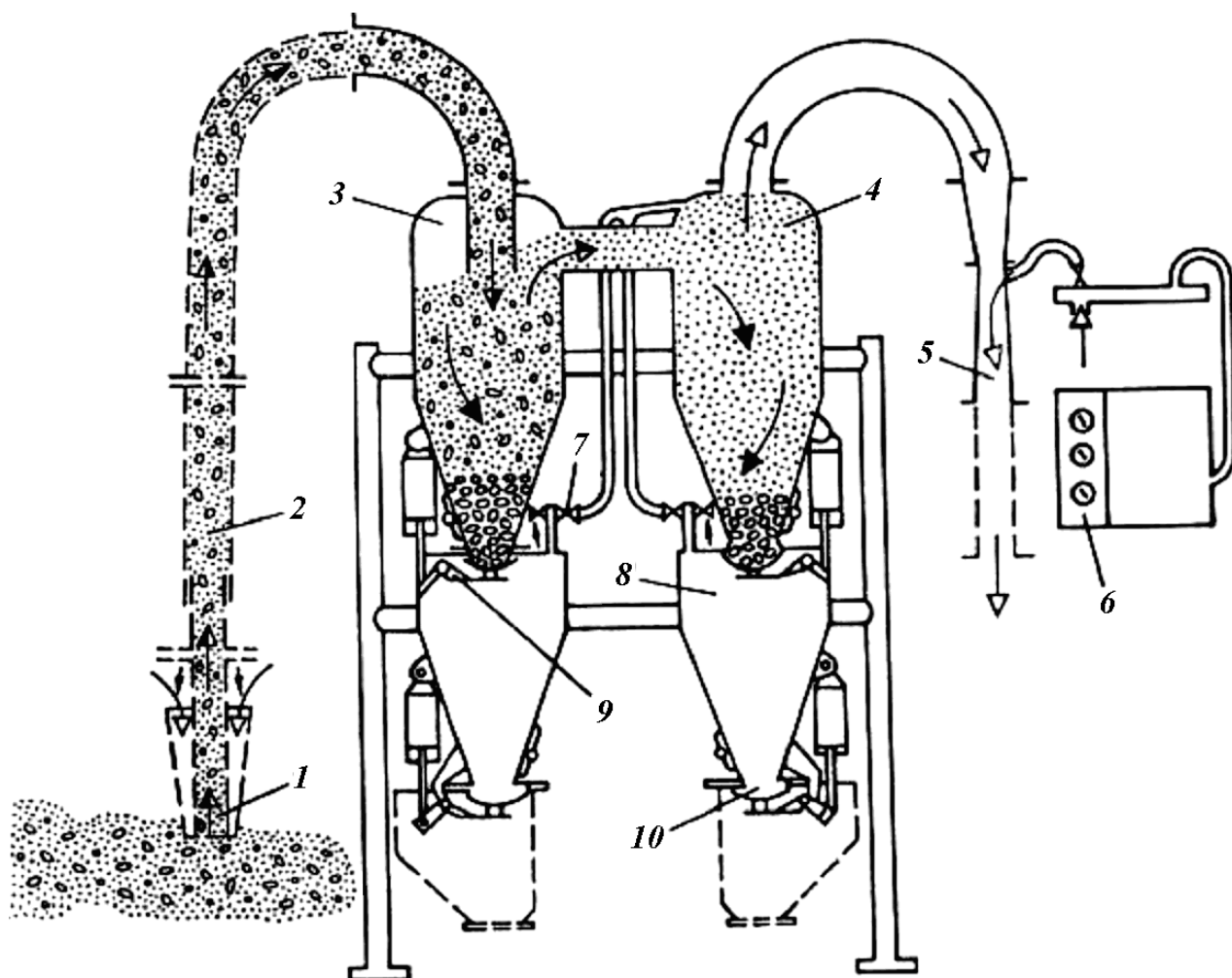


Рис. 5.19. Принципиальная схема пневморазгрузчика шведской фирмы Atlas Copco

Группу отверстий заборного сопла 1 установки закрывает или открывает оператор при помощи штурвала, смонтированного в верхней части сопла. Таким образом регулируется поступление дополнительного воздуха в транспортный материалопровод. Для обеспечения надежной эксплуатации установки на сопле установлен вакуумметр, по показаниям которого оператор поддерживает в системе необходимое разрежение.

Установка смонтирована на трубчатой раме, и ее можно расположить на рабочей площадке в непосредственной близости от места разгрузки. В зависимости от требуемой производительности установку оборудуют одним или двумя эжекторами.

Шведская фирма Interconsult разработала систему для разгрузки цемента из судов (рис. 5.20). На береговом причале устанавливают камерные насосы с воздуходувками, которые всасывают и нагнетают материал. Трюмы обычных судов оборудуют аэроднищами. Сжатый воздух к ним подают с берега от воздуходувки 14. С помощью вакуум-насоса 10 создается разрежение в резервуаре 5, благодаря чему в него засасывается аэрированный цемент из трюма. Наполненный цементом резервуар, вместимость которого равна вместимости трюма, переключают на нагнетательный режим работы. Резервуары разгружают поочередно по трубопроводам, проложенным от

камерного насоса непосредственно в силос. Аэроднища выполняют из синтетического пористого материала, натянутого на стальную решетку.

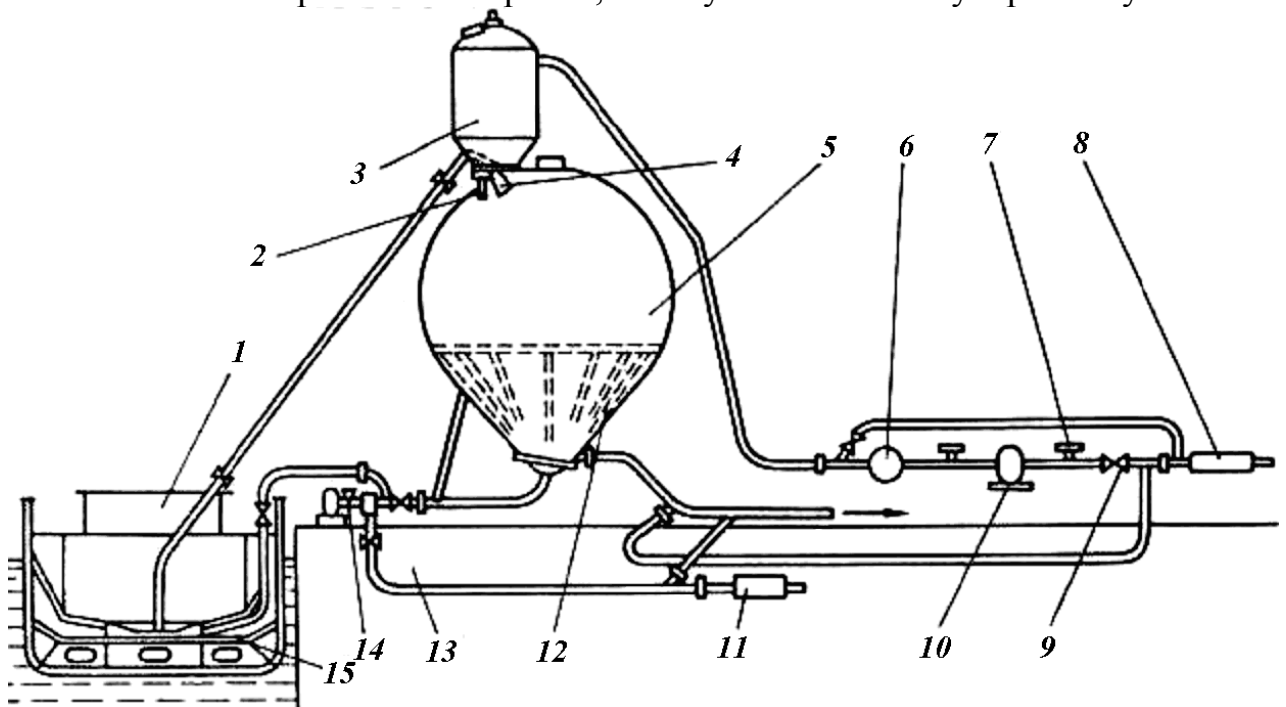
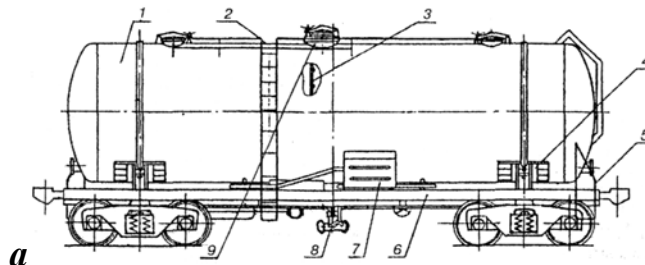


Рис. 5.20. Схема пневмоустановки для разгрузки барж шведской фирмы Interconsult:

1 – баржа-цементовоз; 2 – указатель уровня материала; 3 – фильтр грубой очистки; 4 – диффузор; 5 – резервуар; 6 – фильтр тонкой очистки; 7 – предохранительные клапаны; 8 – глушитель; 9 – обратные клапаны; 10 – вакуум-насос; 11 – глушитель; 12 – аэроплитка; 13 – автоматический регулирующий клапан; 14 – воздуходувка; 15 – всасывающий лоток

В последние десятилетия широко применяются специализированные железнодорожные вагоны (рис.5.21), автотранспортные средства (рис. 3.7, з, 3.10, в, 5.22) и специализированные суда (рис. 5.23) для транспортировки цемента. Все эти транспортные средства имеют пневмосистемы. Некоторые из них снабжены устройствами для самозагрузки материала (рис. 5.24).

В связи с существенным увеличением зданий из монолитного железобетона, наряду с доставкой готовой бетонной смеси миксерами, все более актуальным становится применение передвижных складов цемента (рис.5.25).



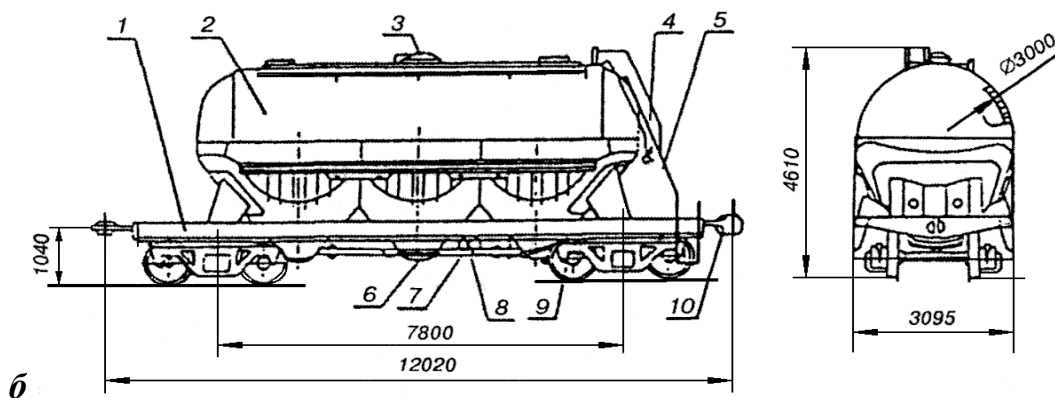


Рис. 5.21. Вагоны-цистерны:

а – модели 15-1405-02: 1 – котел; 2 – лестница наружная; 3 – лестница внутренняя; 4 – крепление котла на раме; 5 – подножка составителя; *б* – платформа; 7 – воздушная коммуникация; 8 – устройство разгрузочное; 9 – люк лазовый; *б* – модели 15-854: 1 – рама; 2 – котел; 3 – люк лазовый; 4 – предохранительный клапан; 5 – лестница наружная с площадками; *б* – автотормоз. 7 – система разгрузки; 8 – тормоз стояночный; 9 – тележка; 10 – ударно-тяговые приборы

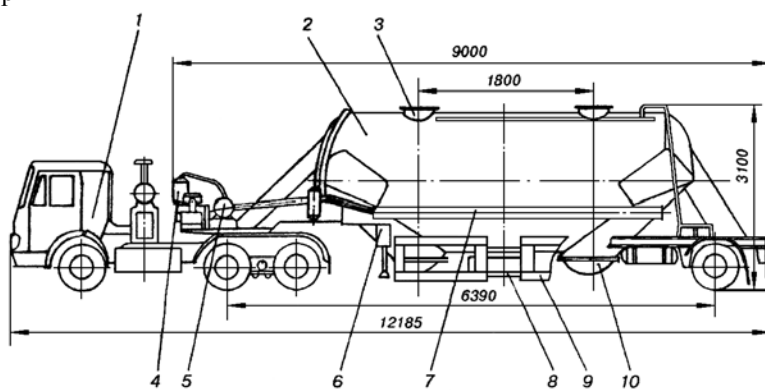


Рис. 5.22. Автоматериаловоз ТЦ-25:

1 – седельный тягач; 2 – цистерна; 3 – загрузочный люк; 4 – компрессор; 5 – электрооборудование; 6 – опорное устройство; 7 – разгрузочные рукава; 8 – пневмооборудование; 9 – боковая защита; 10 – аэрирующие устройство

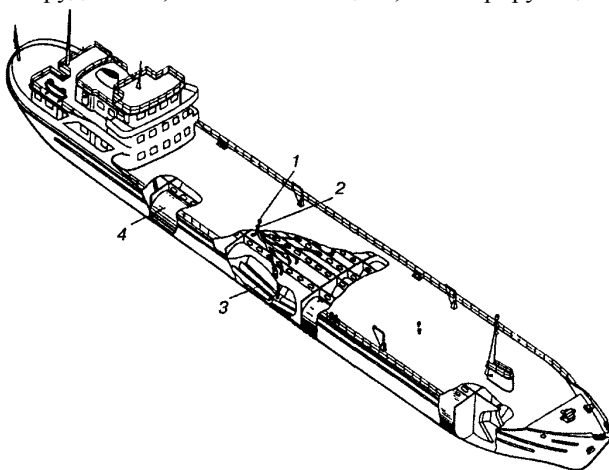


Рис. 5.23. Судно-цементовоз: 1 – система погрузочных трубопроводов; 2 – система разгрузочных трубопроводов; 3 – аэроустройство; 4 – корпусная труба

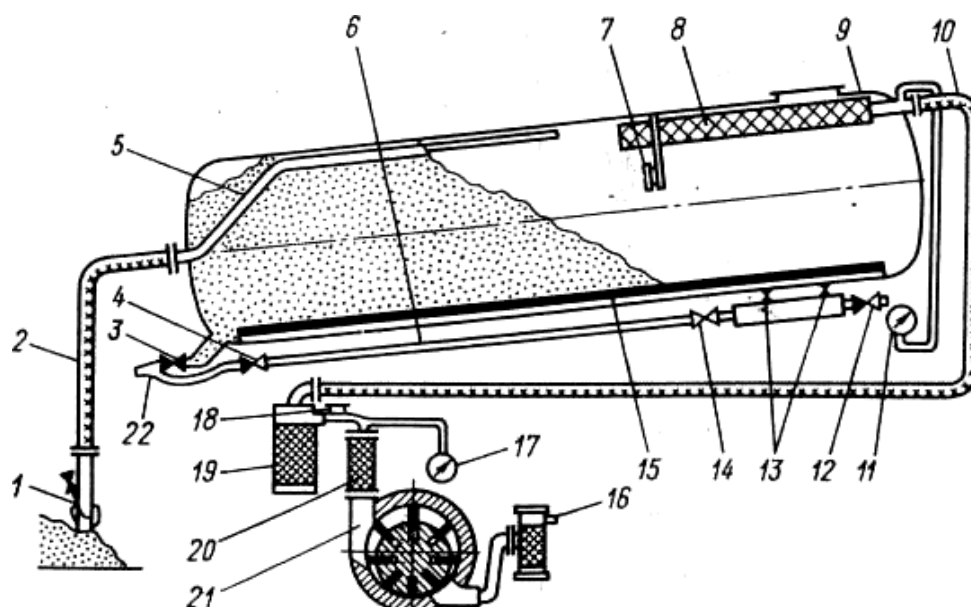


Рис. 5.24. Устройство самозагружающегося автоматериаловоза:

1 – сопло; 2 – загрузочный шланг; 3, 13, 14 – пробковые краны; 4, 12 – обратные клапаны; 5 – распределительная труба; 6 – воздуховод; 7 – сигнализатор уровня; 8 – фильтр первой ступени; 9 – цистерна; 10 – шланг; 11 – мановакууметр; 15 – аэролотки; 16 – влагомаслоотделитель; 17 – вакууметр; 18 – крышка; 19 – фильтр второй; 20 – инерционный фильтр; 21 – ротационный компрессор; 22 – разгрузочный клапан

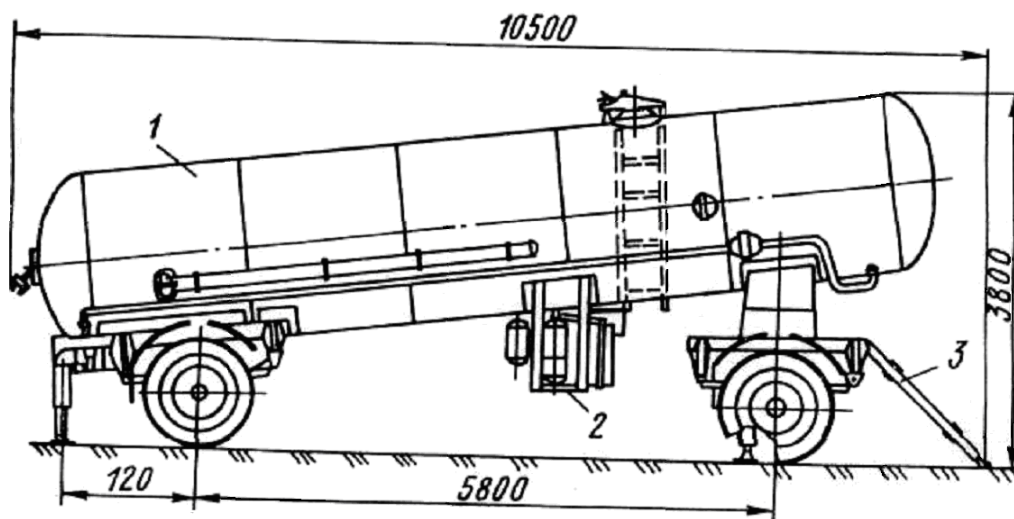


Рис. 5.25. Передвижной склад цемента СБ-74А-1 (с электроприводом):

1 – цистерна; 2 – компрессорный агрегат; 3 – подкатная тележка

Г л а в а 6

Погрузо-разгрузочные машины

6.1. Погрузочные машины

Погрузка сыпучих, мелкокусковых и штучных грузов в транспортные средства при небольших объемах работ может производиться кранами, экскаваторами, но наиболее эффективно такие работы выполняются погрузчиками. Строительные погрузчики представляют собой самоходные универсальные машины, предназначенные для выполнения погрузочно-разгрузочных работ с грузами различных видов (сыпучими, кусковыми, штучными, пакетированными, длинномерными и т.п.), перемещения грузов на сравнительно небольшие расстояния, землеройно-погрузочных, монтажных и вспомогательных работ. Универсальность погрузчиков достигается применением быстросъемных сменных рабочих органов – ковшей различных типов и вместимости, вилочных, челюстных и монтажных захватов, крановых стрел, навесных рыхлителей, буров и др.

Различают погрузчики циклического действия – одноковшовые и вилочные, а также непрерывного действия – многоковшовые. Одноковшовые и вилочные погрузчики выполняют циклично повторяемые операции по загрузке рабочего органа, транспортированию и разгрузке груза отдельно и последовательно. У многоковшовых погрузчиков наполнение и разгрузка рабочего органа осуществляется непрерывно и одновременно.

Одноковшовые погрузчики применяют в основном для погрузки-разгрузки, перемещения и складирования насыпных, мелкокусковых материалов и штучных грузов, а также для экскавации и погрузки в автосамосвалы (или отсыпки в отвал) несслежавшихся грунтов I и II категории и естественного грунта III категории. Основным рабочим органом таких погрузчиков является ковш. Одноковшовые погрузчики различаются: *по типу ходового устройства* – гусеничные (на базе тракторов), пневмоколесные (на базе специальных шасси и тягачей) и полугусеничные; *по расположению рабочего органа относительно двигателя* – с передним (наиболее распространены) и задним расположением; *по способу разгрузки рабочего органа* – с полуповоротным, комбинированным, перекидным и фронтальным погрузочным оборудованием.

Фронтальные погрузчики имеют гусеничный ход или колесное шасси. Они обеспечивают разгрузку ковша вперед (со стороны разработки материала) на любой отметке в пределах заданной высоты. Ходовое оборудование колесных погрузчиков имеет обычно все (четыре) ведущие колеса, а их опорная рама может быть жесткой и шарнирно сочлененной. Погрузчики с шарнирно сочлененной рамой обладают высокими мобильностью, маневренностью и наиболее эффективно используются в стесненных условиях.

В городском строительстве наиболее распространены фронтальные универсальные погрузчики (рис. 6.1), которые базируются на самоходном пневмоколесном двухосном шасси с шарнирно сочлененной рамой 5, состоящей из двух полурам, угол поворота в плане которых может составлять $\pm 40^\circ$. На передней полураме смонтировано погрузочное оборудование и жестко закрепленный передний мост. На задней полураме установлены: силовая установка 2, гидромеханическая трансмиссия, задний мост на балансирной раме и кабина оператора 1. Задний мост может качаться относительно продольной оси погрузчика, что обеспечивает высокие тягово-сцепные качества машины. Рабочее оборудование погрузчика включает: ковш 8, рычажную систему, состоящую из стрелы 7, коромысла 9 и тяг 11, и гидросистему привода. Основной ковш вместимостью 1,0 м³ имеет прямую режущую кромку со съемными зубьями. Поверхности режущих кромок и зубьев покрыты износостойким сплавом. Вместо основного ковша может быть установлен любой из сменных рабочих органов: ковши уменьшенной и увеличенной вместимости, двухчелюстной ковш, грузовые вилы, челюстной захват, крановая безблочная стрела.

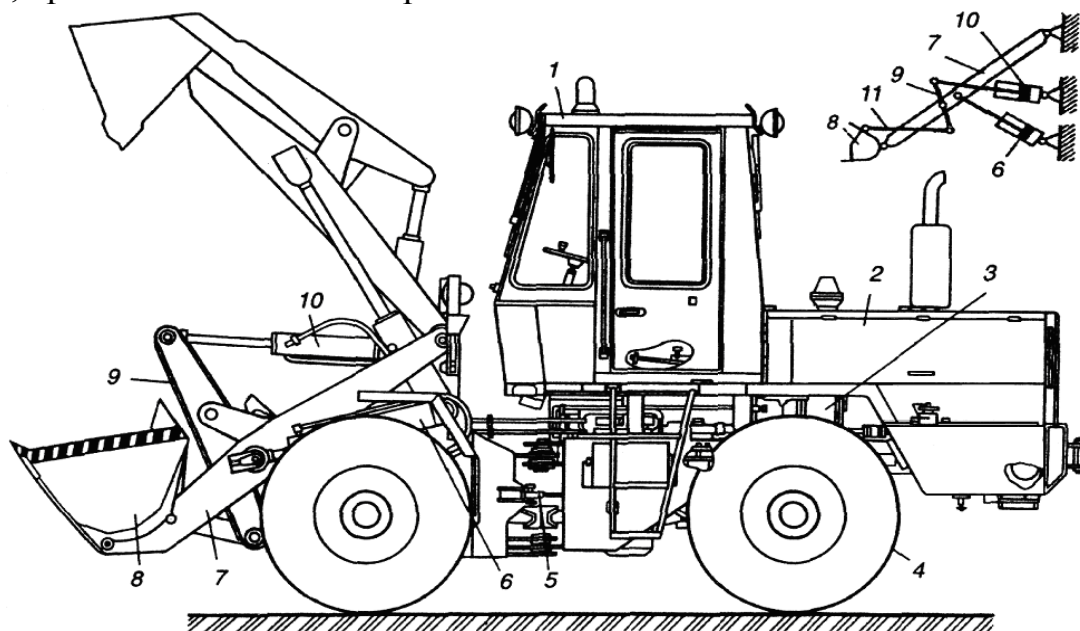


Рис. 6.1. Фронтальный погрузчик

Гидромеханическая трансмиссия базового шасси погрузчика включает: гидротрансформатор, гидромеханическую коробку передач, редуктор отбора мощности 3, карданные валы, передний и задний унифицированные ведущие мосты 4. Редуктор отбора мощности обеспечивает передачу крутящего момента от двигателя к коробке передач и независимый привод гидронасосов рабочего погрузочного оборудования и гидравлического рулевого управления. Рулевое управление погрузчика со следящей гидравлической обратной связью включает гидравлический руль и два вспомогательных гидроцилиндра, с помощью которых происходит поворот полурам относительно друг друга. Гидросистема погрузочного оборудования обеспечивает управление стрелой и ковшом при выполнении рабочих операций и включает в себя: два шестеренных насоса, распределитель, гидроцилиндр 10 поворота ковша, два гидроцилиндра 6

подъема и опускания стрелы. Управление погрузчиком ведется из кабины машиниста, в которой сосредоточены пульт управления с приборами контроля, рулевая колонка и педали.

Выпускаются гусеничные погрузчики с фронтальной разгрузкой, грузоподъемностью 2; 3,2 и 5 т. Эти погрузчики имеют двухчелюстной ковш, позволяющий использовать машину и на землеройно-транспортных, и на погрузочных работах. Выпускаются также пневмоколесные погрузчики с фронтальной разгрузкой грузоподъемностью 0,8 и 1,8 т.

Пневмоколесные погрузчики с боковой разгрузкой являются полуповоротными машинами. Они изготавливаются с ковшами грузоподъемностью 1,2 т. После набора материала ковш такого погрузчика с помощью гидроцилиндра и системы рычагов поворачивается в вертикальной плоскости для предотвращения высыпания материала. Гидроцилиндры поднимают стрелу вместе с ковшом. Поворот платформы с рабочим оборудованием на разгрузку производится при помощи гидроцилиндров и цепи, установленных внутри ходовой рамы.

Все современные погрузчики оборудуются аварийно-предупредительной световой и звуковой сигнализацией с электронными устройствами отображения информации (УОИ) о предельном состоянии контролируемых параметров двигателя, трансмиссии, электрической, гидравлической, тормозной и других систем.

Сменные рабочие органы и навесное оборудование одноковшовых строительных пневмоколесных погрузчиков показаны на рис. 6.2.

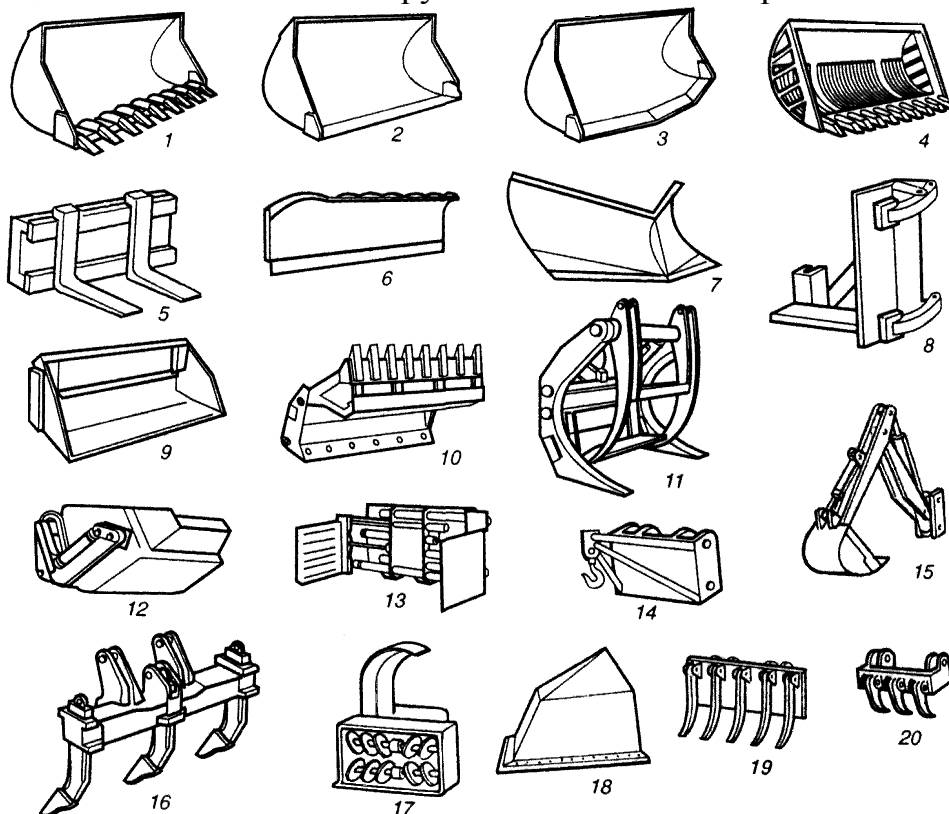


Рис.6.2. Сменное рабочее и навесное оборудование одноковшовых погрузчиков:

1 – ковш для скальных пород с зубьями; 2 – ковш без зубьев с прямолинейной режущей кромкой; 3 – то же, с V-образной режущей кромкой; 4 – скелетный ковш; 5 – грузовые вилы; 6 – бульдозерный отвал; 7 – плужный снегоочиститель; 8 – захват для столбов и свай; 9 – ковш с принудительной разгрузкой; 10 – двухчелюстной

ковш; 11 – захват для длинномеров; 12 – ковш для распределения бетона; 13 – захват для пакетов; 14 – кран; 15 – экскаватор; 16 – рыхлитель; 17 – роторный снегоочиститель; 18 – кусторез; 19 – корчеватель-собираатель; 20 – асфальтовзламыватель

Малогабаритные универсальные погрузчики монтируются на самоходных шасси, которые маневрируют с помощью бортовых фрикционов. Они предназначены для выполнения в особо стесненных условиях строительства трудоемких малообъемных земляных, погрузочно-разгрузочных, подготовительных, вспомогательных и специальных работ.

Модели высокоманевренных многофункциональных малогабаритных погрузчиков имеют мало различий и кроме основного погрузочного ковша используют следующие виды быстросъемного сменного рабочего оборудования: экскаваторный ковш – обратная лопата, зачистной ковш, грузовые вилы, грузовая стрела, гидравлический молот, гидравлический бур, плужный и роторный снегоочистители, траншеекопатель, дорожная щетка, пескорозбрасыватель, подметально-уборочное оборудование, бульдозерный отвал и т.п.

Погрузчики имеют четырехколесный движитель со всеми ведущими колесами и объемную гидравлическую трансмиссию, обеспечивающую независимый привод каждого борта машины и бесступенчатое регулирование скорости движения до 10...12,6 км/ч. Наиболее эффективно погрузчики применяются на рассредоточенных объектах для комплексной механизации строительно-монтажных работ небольших объемов. Многоцелевое сменное рабочее оборудование погрузчиков позволяет практически полностью механизировать ручной труд. Для быстрой смены одного вида оборудования на другой каждый погрузчик оборудован специальным устройством – гидроуправляемым суппортом, шарнирно соединенным со стрелой.

Малогабаритные погрузчики способны совершать бортовой разворот на месте на 180° с загруженным ковшом при ширине рабочей зоны до 4 м. Возможность выезда погрузчика с загруженным ковшом из стесненной зоны задним ходом позволяет использовать эти машины при ширине проезда не более 2 м. Максимальная производительность погрузчиков ($20...35 \text{ м}^3/\text{ч}$) достигается при наибольшей дальности транспортировки до 25...30 м. При оснащении гидромолотом погрузчики способны разрушать асфальтобетонные и бетонные покрытия дорог, площадок, полов и т.п., а также мерзлые грунты на глубину до 0,6 м. При бортовом развороте на месте можно производить несколько ударов молотом в определенном секторе с одной стоянки погрузчика. Рабочее оборудование погрузчика (рис. 6.3) шарнирно крепится к полупортам 7 и состоит из суппорта 1, стрелы 2, двух гидроцилиндров 3 поворота суппорта с рабочим органом, рычагов 4 с тягами 5 и двух гидроцилиндров 6 подъема – опускания стрелы. Экскаваторное оборудование, закрепленное на суппорте погрузчика, имеет возможность в процессе работы поворачиваться на угол 90° влево или вправо от продольной оси машины. Стрела погрузчика во время работы с экскаваторным оборудованием поднимается и закрепляется в верхнем положении. Возможно смещение экскаваторного оборудования погрузчика вправо и влево от оси копания на 350...500 мм, что позволяет выполнять работы по обкапыванию существующих

конструкций и коммуникаций, встречающихся при разработке грунта ниже уровня стоянки погрузчика, вести разработку грунта вблизи стен, ограждений и других сооружений.

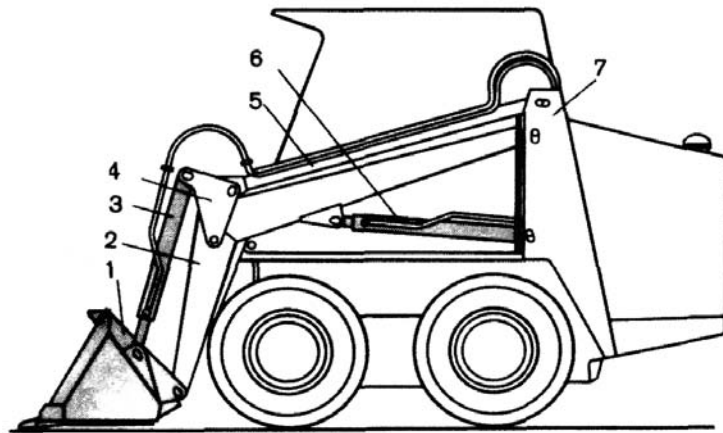


Рис. 6.3. Малогабаритный универсальный погрузчик

Гидравлическая система погрузчика состоит из двух гидросистем: привода ходовой части и привода рабочего оборудования. Привод колес ходовой части осуществляется двумя автономными бортовыми передачами с приводом от индивидуальных гидромоторов. Каждая бортовая передача состоит из редуктора привода, ступичного редуктора, задней оси и постоянно замкнутого дискового тормоза с гидравлическим управлением. Питание гидромоторов ходовой части осуществляется от двух реверсивных регулируемых гидронасосов. Питание гидравлических двигателей рабочего оборудования осуществляется от нерегулируемого гидронасоса. Гидронасосы ходовой части и рабочего оборудования приводятся в действие от дизеля погрузчика.

Малогабаритные погрузчики могут иметь сменные рабочие органы: грузовые вилы, грузовая безблочная стрела, гидромолот, гидробур, обратная лопата экскаватора, дорожная щетка. Подсоединение к гидросистеме машины гидроцилиндров или гидромоторов дополнительных сменных рабочих органов активного действия осуществляется через быстросоединяющую муфту и рукав высокого давления без потерь рабочей жидкости.

Малогабаритные погрузчики имеют вместимость основного погрузочного ковша 0,24...0,3 м³, экскаваторного ковша 0,04...0,063 м³, грузоподъемность грузовой стрелы 0,5 т.

Эксплуатационная производительность одноковшовых погрузчиков (м³/ч):

при работе с сыпучими и кусковыми грузами

$$\Pi_3 = 3600 q k_n k_b / t_{\text{ц}},$$

где q – вместимость ковша, м³; k_n – коэффициент наполнения ковша ($k_n = 0,5 \dots 1,25$); k_b – средний коэффициент использования погрузчика по времени; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность полного цикла, с;

при работе со штучными грузами (т/ч)

$$\Pi_3 = 3,6 m k_{\Gamma} k_b / t_{\text{ц}},$$

где m – масса поднимаемого груза, кг; k_r – коэффициент использования погрузчика по грузоподъемности ($k_r = 0,6...0,8$).

Производительность современных отечественных одноковшовых погрузчиков $90...235 \text{ м}^3/\text{ч}$ при средней продолжительности цикла $30...60 \text{ с}$, грузоподъемность $1,25...5 \text{ т}$, вместимость ковшей $0,4...3 \text{ м}^3$.

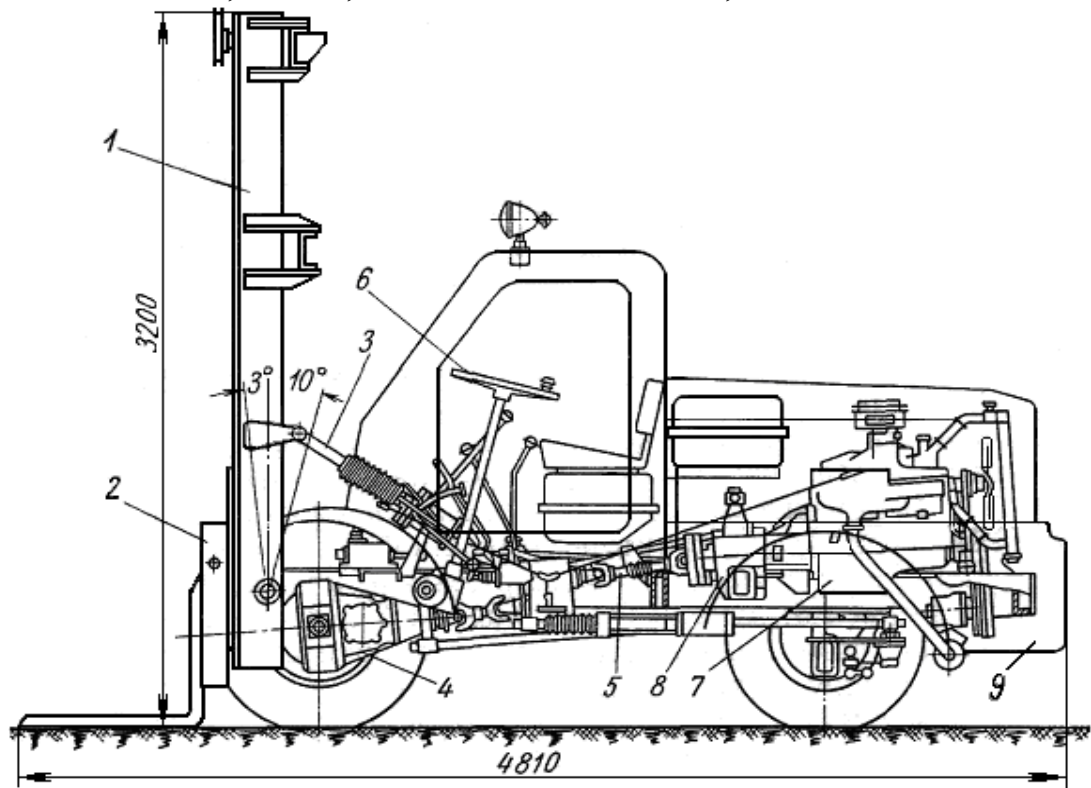


Рис. 6.4. Вилочный автопогрузчик

Вилочные универсальные погрузчики (автопогрузчики) (рис. 6.4) применяют для погрузочно-разгрузочных работ, транспортирования на небольшие расстояния и штабелирования штучных и пакетированных грузов на открытых площадках и дорогах с твердым покрытием. Их изготавливают с использованием узлов серийных автомобилей. Они имеют единую конструктивную схему, унифицированы и оснащаются комплектом сменных рабочих органов: вилами и специальными захватами для погрузки-разгрузки, перемещения и складирования всевозможных штучных, тарных и длинномерных грузов (труб, бревен, контейнеров, строительных блоков и др.), ковшами для насыпных и кусковых грузов; грузовыми стрелами (блочными и безблочными) для подъема грузов на небольшую высоту и монтажа различных строительных конструкций и оборудования. Сменные рабочие органы навешиваются на гидравлический вертикальный грузоподъемник, расположение которого может быть передним (фронтальным) и боковым.

Ведущий мост 4 получает движение через карданный вал 5 и коробку передач 8 от двигателя внутреннего сгорания 7. Управляемыми являются задние колеса, привод к которым осуществляется от рулевого колеса 6. В передней части автопогрузчика смонтирован грузоподъемный механизм (грузоподъемник) с раздвижной рамой 1 и перемещающейся по ней грузоподъемной кареткой 2. Рама подъемного устройства с помощью двух

гидроцилиндров 3 может наклоняться вперед на $3...5^\circ$ и назад на $10...15^\circ$. Наклон рамы вперед применяется для улучшения разгрузки, а назад – для лучшего удержания груза при транспортировке. Автопогрузчик снабжен противовесом 9.

Для погрузочно-разгрузочных работ со штучными, пакетированными, длинномерными грузами и контейнерами применяют автопогрузчики с грузовой платформой и боковым выдвижным грузоподъемником, оборудованным вилочным захватом или грузовой консольной стрелой с грузовым крюком. Грузоподъемник перемещается в проеме грузовой платформы по направляющим двумя гидроцилиндрами двустороннего действия. Подхваченный вилами или крюком груз поднимается до уровня грузовой платформы и после возвращения грузоподъемника в исходное положение укладывается на платформу.

Гидравлические системы автопогрузчиков обслуживаются аксиально-поршневыми или шестеренными насосами с приводом от основной силовой установки. Автопогрузчики с передним расположением грузоподъемника имеют грузоподъемность $2...12$ т и обеспечивают подъем груза со скоростью до $8...15$ м/мин на высоту $4...6$ м при оборудовании вилами и ковшом и на высоту до $5,1...7,2$ м при оборудовании безблочной стрелой. Максимальная скорость движения автопогрузчиков с грузом $6...15$ км/ч, без груза – до 45 км/ч.

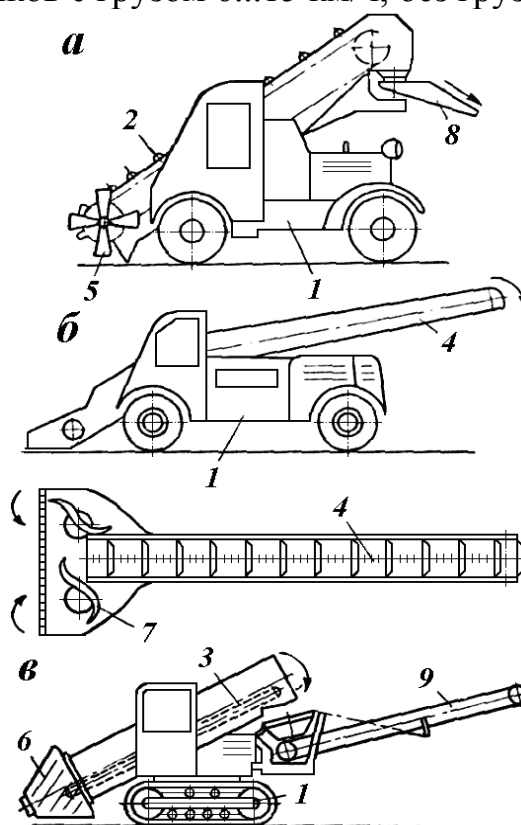


Рис. 6.5. Схемы погрузчиков непрерывного действия:

а – элеваторный с лопастным шнековым питателем; *б* – скребковый с подгребающими лопастями; *в* – ленточный с шаровой лопатой

Строительные погрузчики непрерывного действия (рис. 6.5) применяются для механической погрузки в транспортные средства сыпучих и мелкокусковых материалов (песка, гравия, щебня, шлака), а также для засыпки

траншей и фундаментных пазух свеженасыпным грунтом, для обвалования площадок и т.д. Они состоят из самоходного шасси 1, на котором установлен ковшовый элеватор 2 или ленточный 3, или скребковый 4 конвейер. Для подачи материала к элеватору или конвейеру служит питатель, который может быть выполнен в виде шнека 5, шаровой головки 6 и подгребающих лопастей 7. Погрузка материала в транспортные средства может производиться по наклонному лотку 8 или ленточному конвейеру 9.

Главным параметром многоковшовых погрузчиков является техническая производительность (в $\text{м}^3/\text{ч}$). Наиболее часто применяются погрузчики с производительностью от 30 до 160 $\text{м}^3/\text{ч}$. Они имеют пневмоколесный или гусеничный ход.

6.2. Разгрузочные машины

Для разгрузки железнодорожного подвижного состава применяют разгрузчики производительностью до 300...400 т/ч. Различают машины для выгрузки сыпучих и мелкокусковых материалов (песка, щебня, гравия) и машины для выгрузки пылевидных материалов (цемента).

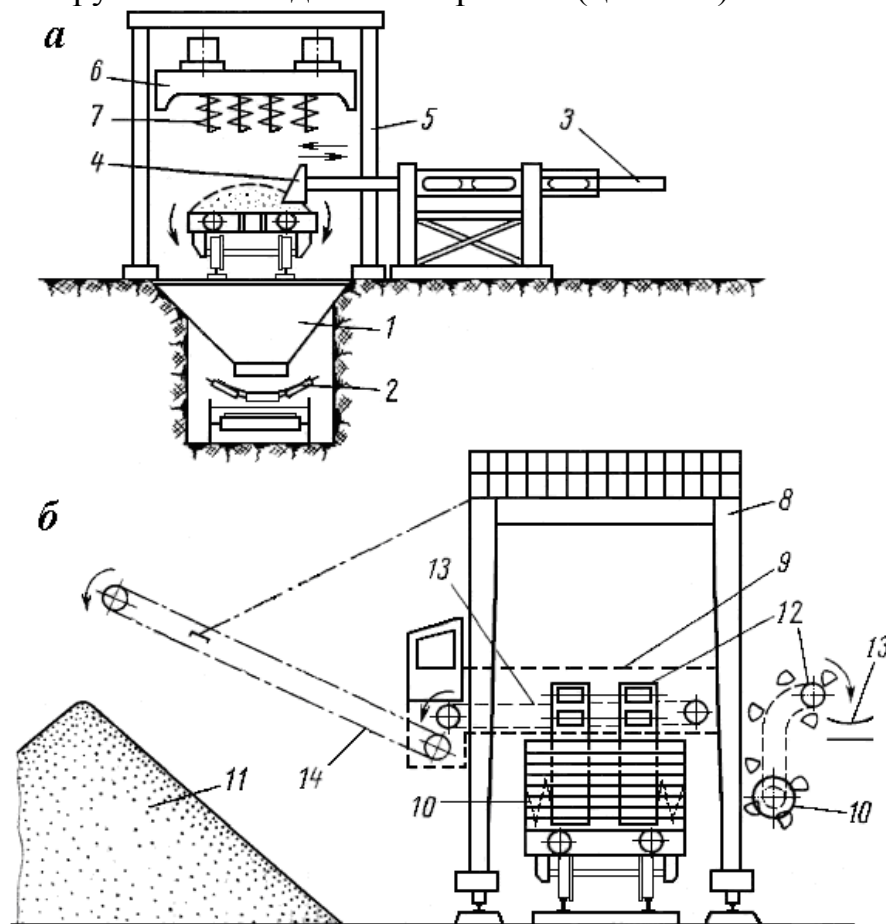


Рис. 6.6. Схемы разгрузчиков железнодорожных платформ и полувагонов:

а – скребковый; *б* – элеваторный

Скребковый разгрузчик (рис. 6.6, *а*) производительностью до 300 т/ч сталкивает материал (песок, гравий, шлак) с железнодорожных платформ в приемный бункер 1, снабженный ленточным конвейером 2. Канатом лебедки, закрепленным за последнюю платформу железнодорожного состава, медленно перемещают вагоны перед разгрузчиком. Толкатель 3 со скребком 4 может

изменять положение по высоте, что позволяет послойно выгружать материалы. В зимнее время разгрузчик работает совместно с четырехфрезерным рыхлителем. На стационарных стойках 5 может перемещаться в вертикальном направлении мост 6, на котором установлены приводы четырех вертикальных винтовых фрез 7, снабженных режущими зубьями из марганцовистой стали. Опусканием вращающихся фрез на смерзшийся материал достигается не только разрыхление, но и частичное сталкивание его в бункер. Оставшийся на платформе разрыхленный материал выгружается скребком разгрузчика.

Самоходный элеваторный разгрузчик (рис. 6.6, б) служит для выгрузки песка, гравия, шлака из полувагонов. Машина имеет портал 8, перемещающийся по железнодорожному пути над составом, подлежащим разгрузке. Относительно портала машины в вертикальном направлении перемещается мост 9 с горизонтальным 13 и наклонным 14 ленточными конвейерами и ковшовым элеватором 12. На нижнем валу элеватора установлены винты 10, подгребающие материал к ковшам элеватора. Поднятый ковшами материал перегружается на горизонтальный ленточный конвейер 13 и далее по наклонному конвейеру в штабель 11, располагаемый вдоль рельсового пути. Элеваторный разгрузчик выгружает до 350...400 т мелкокусковых материалов в час.

Машины для разгрузки цемента см. 5.5.

Г л а в а 7

Машины для земляных работ

7.1. Взаимодействие рабочих органов землеройных машин с грунтом

Машины для земляных работ используют в строительстве при рыхлении плотных, скальных и мерзлых грунтов, планировке строительных площадок, подготовке оснований под дороги и проезды, разработке котлованов под фундаменты зданий и сооружений, рытье траншей открытым способом при прокладке городских коммуникаций и строительстве подземных сооружений, копании ям и приямков, зачистке дна и откосов земляных сооружений, обратной засыпке котлованов и траншей после возведения фундаментов и укладки коммуникаций, уплотнении грунтов и т.п.

Грунты разрабатываются тремя основными способами:

1) *механическим*, при котором грунт отделяется от массива пассивными или приводными (активными) режущими органами – ножами, зубьями, клиньями, резцами, фрезами, скребками и т.п.;

2) *гидромеханическим*, при котором грунт разрушается в открытом забое направленной с помощью гидромонитора струей воды под давлением до 6 МПа или всасыванием предварительно разрушенного (фрезой или гидромонитором) грунта со дна реки или водоема грунтовым насосом-землесосом;

3) *взрывным*, при котором грунт (чаще скальный при добыче нерудных для производства строительных материалов) разрушается под давлением газа – продукта сгорания (распада) взрывчатого вещества, а затем разрабатывается механическим способом.

В настоящее время около 95% земляных работ в строительстве осуществляется механическим способом. При выполнении земляных работ используют различные по назначению, конструкции и принципу действия машины. Они разделяются на: машины для подготовительных работ; землеройно-транспортные; экскаваторы; бурильные; для бестраншейной прокладки коммуникаций; для гидромеханической разработки грунта; для уплотнения грунтов.

Различают грунты: нескальные (песок, супесь, суглинок, глина и т.п.), разборно-скальные (сцементированные глины – аргиллиты, гипс, мел, известняки и др.) и скальные (плотные известняки, доломит, мрамор, песчаник и др.). Грунты, имеющие положительную температуру, называют немерзлыми (талыми), отрицательную – мерзлыми, если они содержат лед, и морозными (охлажденными), если лед в их составе отсутствует. Нескальные немерзлые грунты разрабатывают обычными землеройными средствами, скально-разборные и мерзлые грунты с небольшой глубиной промерзания перед разработкой предварительно разрыхляют механическим способом. Скальные и мерзлые грунты с большой глубиной промерзания предварительно разрыхляют

взрывным способом. В некоторых случаях мерзлые грунты прогревают или разрабатывают специально предназначенными для этих целей землеройными машинами.

А.Н. Зелениным предложена классификация (табл. 7.1) нескальных мерзлых и немерзлых грунтов по числу ударов C динамического плотномера (ударника) ДорНИИ. Категория грунта определяется числом ударов, которые необходимы для погружения в грунт на глубину 10 см цилиндрического стержня плотномера площадью 1 см^2 под действием груза весом 25 Н, падающего с высоты 0,4 м и производящего за каждый удар работу в 10 Дж.

Таблица 7.1

Классификация грунтов по числу C

Категория немерзлого грунта	I	II	III	IV
Число ударов C	1...4(3)	5...8(6)	9...16(12)	17...35(25)
Категория мерзлого грунта	V	VI	VII	VIII
Число ударов C	35...70 (50)	70...140 (100)	140...280 (200)	280...560 (400)

Примечание: В скобках приведены средние значения C для каждой категории грунта.

На процесс взаимодействия рабочего органа землеройной машины с грунтом существенное влияние оказывают физико-механические свойства грунта, конструкция, геометрические параметры и режимы работы рабочего органа.

Физико-механические свойства грунтов характеризуются: *механическими свойствами его компонентов*: прочностью – способностью грунта сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок; *гранулометрическим составом* – процентным содержанием по массе частиц различной крупности; *плотностью* – отношением массы к единице объема (для большинства грунтов – $1,5...2 \text{ т/м}^3$); *пористостью* – отношением объема пор к общему объему грунта (в %); *влажностью* – процентным содержанием воды в порах грунта; *связностью* – способностью грунта сопротивляться разделению на отдельные частицы под действием нагрузок; *разрыхляемостью* – свойством грунта увеличиваться в объеме при постоянстве собственной массы (выражается коэффициентом разрыхления $k_p = 1,1...1,4$); *углом естественного откоса* – углом γ основания конуса, который образуется при отсыпании разрыхленного грунта с некоторой высоты; *пластичностью* – способностью грунта деформироваться под действием внешних сил и сохранять полученную форму после снятия нагрузки; *сжимаемостью* – свойством грунтов уменьшаться в объеме под действием внешней нагрузки; *сопротивлением сдвигу* – сцеплением частиц грунта между собой; *коэффициентами трения грунта о сталь* (0,55...0,65) и *грунта по грунту* (0,3...0,5); *абразивностью* – способностью грунта (породы) интенсивно изнашивать (истирать) взаимодействующие с ним рабочие органы машин; *липкостью* – способностью грунта прилипать к поверхности рабочих органов.

Режущими элементами рабочих органов являются зубья или ножи (рис. 7.1, а и б). Основными параметрами ножей являются длина L , угол заострения β , угол резания δ (угол между передней гранью и касательной к траектории

движения) и задний угол α (угол между задней гранью и касательной к траектории движения).

Зубья и ножи могут использоваться в сочетании с отвалом и ковшом или самостоятельно. Как самостоятельные рабочие органы зубья используются для рыхления грунта. Рабочими органами этого типа снабжены кирковщики и рыхлители.

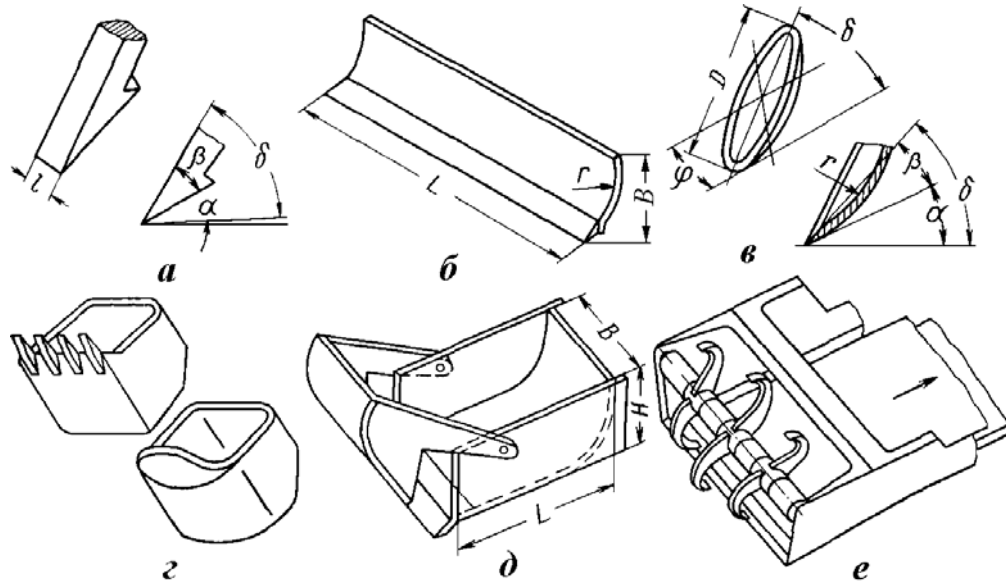


Рис. 7.1. Рабочие органы землеройных машин:

a – зуб; *б* – отвал с режущим ножом; *в* – дисковый нож; *з* – ковш экскаватора с зубьями и ковш экскаватора с полукруглой режущей кромкой; *д* – ковш скрепера; *е* – рабочий орган землеройной машины с роторным рыхлителем

Ножи в качестве самостоятельных рабочих органов служат для отделения стружки грунта от массива и подачи ее на транспортирующие органы. Примером таких рабочих органов являются дисковые ножи грейдер-элеваторов (рис. 7.1, *в*) и ножевые системы стругов.

Отвал с ножом служит для вырезания грунта и перемещения его по направлению движения машины или в сторону; отвал с ножом может использоваться для срезания и уборки кустарника, корчевания пней, перемещения валунов и т.п. Отвалами с ножами оборудуются бульдозеры и автогрейдеры.

Отвалы с зубьями применяются в качестве рабочих органов корчевателей. Основными параметрами отвала являются: длина L , высота B , радиус кривизны r и угол захвата ϕ (угол между отвалом и направлением движения машины в плане).

Ковши. Основными параметрами ковша являются: емкость q , длина L , высота H и ширина B . Ковши для скреперов (рис. 7.1, *д*) снабжаются ножами. Ковши для экскаваторов имеют прямую режущую кромку с зубьями или криволинейное днище и выступающую вперед сплошную режущую кромку, что значительно снижает усилие резания (рис. 7.1, *з*).

На рис. 7.1, *е* показана схема рабочего органа землеройной машины с рыхлителем роторного типа (фрезой). Разрыхленный грунт подрезается системой ножей по периметру забоя и, обрушиваясь, поступает на ленточный транспортер и перемещается в направлении, показанном стрелкой.

Копание грунта – сложный процесс. Упрощенно процесс копания можно представить следующим образом. При движении рабочий орган воздействует на грунт своей передней кромкой (рис. 7.2, *а*). Под действием рабочего органа грунт уплотняется и в нем возникают напряжения, увеличивающиеся по мере движения рабочего органа. Когда напряжения в грунте достигают значений, превосходящих сопротивление разрушению, грунт сдвигается по плоскости *АА*, в которой эти напряжения максимальны.

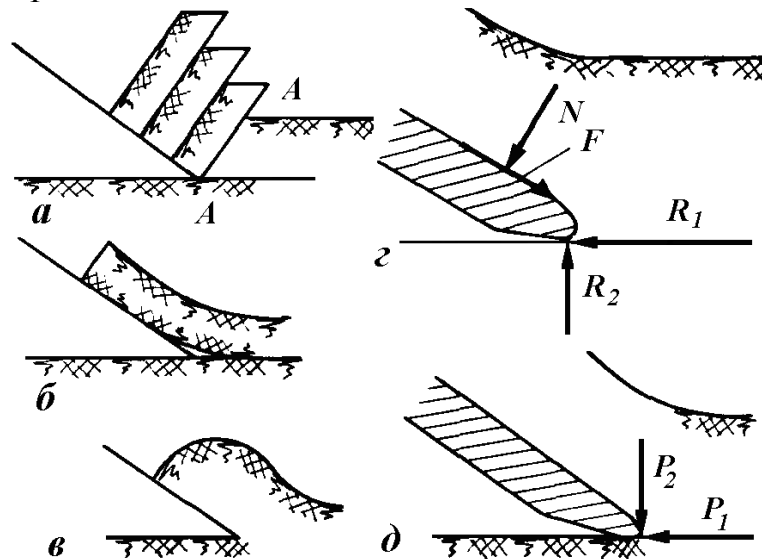


Рис. 7.2. Схемы процесса копания грунтов:

а – связного средней влажности; *б* – задернованного; *в* – песчаного; *г* и *д* – схемы сил, действующих на рабочий орган

Режущий орган, перемещаясь вперед, воздействует на следующий элемент грунта, и процесс повторяется. Отделенные от массива элементы грунта образуют стружку, которая перемещается по рабочей поверхности режущего органа и, в зависимости от типа рабочего органа, поступает на транспортер, внутрь ковша, или перемещается отвалом вперед и в сторону. Характер процесса копания в большой степени зависит от состава и свойств грунта. Стружка задернованного влажного грунта отрывается от массива в горизонтальной плоскости. Относительных сдвигов элементов грунта в этом случае не происходит, и грунт перемещается по ножу в виде монолитной стружки (рис. 7.2, *б*). Сухой несвязный грунт (песок) под действием режущего органа выпирает вверх и вперед, накапливается перед ножом и образует так называемую призму волочения (рис. 7.2, *в*). Призма волочения образуется и при копании связных грунтов, если перемещение срезанной стружки по рабочему органу связано с преодолением значительных сопротивлений, например при проталкивании стружки внутрь ковша скрепера в конце его наполнения.

Во время копания на рабочий орган со стороны грунта действует сила сопротивления грунта копанию, которая рассматривается как сумма реакций грунта на рабочий орган. Величина и направление этой силы зависят от типа и конструкции рабочего органа, формы и размеров поперечного сечения стружки, типа и состояния грунта.

Сопротивление грунта копанию (рис. 7.2, *г*): складывается из силы нормального давления грунта *N* на переднюю грань режущего органа, силы

трения грунта по передней грани F , реакции грунта на затупленную площадку лезвия R , которую можно разложить на горизонтальную и вертикальную составляющие R_1 и R_2 . В случае рабочего органа типа ковша в число этих сил входят также сила сопротивления продвижению стружки внутри ковша (сопротивление наполнению) и сила, действующая на ковш со стороны призмы волочения. Для отвала силы N и F рассматриваются как равнодействующие распределенной нагрузки, приложенной к рабочей поверхности отвала.

Силу сопротивления копанию P (рис. 7.2, δ), являющуюся равнодействующей рассмотренных сил, можно представить в виде касательной нормальной и боковой составляющих P_1 , P_2 и P_3 , приложенных условно к лезвию режущего элемента. Направление силы P_1 противоположно направлению движения машины. Сила P_2 может быть направлена вниз или вверх в зависимости от соотношения реакций грунта на переднюю грань и на лезвие режущего органа. Сила P_3 действует в случае установки рабочего органа под углом φ к направлению движения, меньшим 90° , т. е. в случае косо́го резания. Сила P_3 является горизонтальной составляющей, перпендикулярной к направлению движения.

Определению касательной составляющей сопротивления копанию P_1 посвящено значительное число исследований. Впервые формула для определения силы P_1 применительно к работе сельскохозяйственного плуга была предложена акад. В.П. Горячкиным:

$$P_1 = \mu_1 G + K_p h b + \varepsilon \cdot h b V^2,$$

где μ_1 – коэффициент трения плуга о грунт; $\mu_1 = 0,25 \dots 0,4$; G – вес плуга; K_p – удельное сопротивление резанию, для плуга $K_p = 20 \dots 100$ кН/м²; h и b – толщина и ширина срезаемой стружки грунта в м; ε – опытный коэффициент, учитывающий влияние скорости резания на величину сопротивления копанию; в среднем $\varepsilon = 0,1$; V – скорость резания в м/с.

Третье слагаемое учитывает сопротивление, связанное с сообщением вырезаемому грунту определенной скорости движения.

Технологические процессы землеройных машин отличны от процесса работы плуга. Общим в этих процессах является отделение стружки грунта от массива – резание грунта. Определение силы сопротивления резанию по формуле акад. В.П. Горячкина основано на допущении, что величина этой силы прямо пропорциональна площади поперечного сечения вырезаемой стружки ($F = bh$). Это допущение легло в основу определения сопротивления резанию для землеройных машин (табл. 7.2).

Таблица 7.2

**Значения удельных сопротивлений резанию K_p
для машин с ножевым рабочим органом**

Наименование грунта	Категор ия грунта	Плотност ь грунта ρ , т/м ³	Коэффицие нт разрыхлени я грунта k_p	Удельное сопротивление грунта резанию K_p , кПа	
				нож бульдозера	нож скрепера
Песок рыхлый, сухой	I	1,2...1,6	1,05...1,1	10...30	20...40
Песок влажный, супесь, суглинок разрыхленный	I	1,4...1,7	1,1...1,2	20...40	50...100

Суглинок, мелкий и средний гравий, легкая глина	II	1,5...1,8	1,15...1,25	60...80	90...180
Глина, плотный суглинок	III	1,6...1,9	1,2...1,3	100...160	160...300
Тяжелая глина, сланцы, суглинок со щебнем, гравием	IV	1,9...2,0	1,25...1,3	150...250	300...400

Работы по определению сопротивления копанью грунта рабочими органами экскаваторов были проведены проф. Н.Г. Домбровским. Им предложена следующая формула для определения силы P_1 :

$$P_1 = P_p + P_t + P_{пр} = K_p b h + P_2 \mu_1 + q k_n \varepsilon,$$

где P_p – сопротивление грунта резанию (табл. 7.2); P_t – сопротивление трения ковша о грунт; $P_{пр}$ – сопротивление перемещению призмы волочения и грунта в ковше; P_2 – составляющая силы сопротивления копанью, нормальная к траектории движения ковша; q – емкость ковша; k_n – коэффициент наполнения ковша; ε – коэффициент сопротивления перемещению грунта в ковше.

Значения составляющих сопротивления копанью см. табл. 7.3.

Таблица 7.3

Значения составляющих силы сопротивления копанью
(в процентах от всего сопротивления копанью)

Категория грунта	Ковш	P_p	P_t	$P_{пр}$	Категория грунта	Ковш	P_p	P_t	$P_{пр}$
I	Драглайна	22	46	32	III	Драглайна	58	22	20
	Скрепера	23	31	46		Скрепера	46	17	37
	Прямой лопаты	42	51	7		Прямой лопаты	77	18	5
II	Драглайна	38	36	26	IV	Драглайна	63	17	20
	Скрепера	7	36	28		Скрепера	53	15	32
	Прямой лопаты	63	31	6		Прямой лопаты	83	12	5

Из приведенных данных следует, что при работе прямой лопаты призмы волочения почти нет, а у скрепера, особенно на легких грунтах, сопротивление перемещению призмы волочения и наполнению ковша составляет до 40...50% всего сопротивления копанью.

Относя все сопротивления к сечению стружки, Н.Г. Домбровский вывел выражение для определения силы P_1 :

$$P_1 = K_k F,$$

где $F = b h$ – площадь стружки в см^2 ; K_k – удельное сопротивление грунта копанью в кг/см^2 (можно перевести в МПа).

В результате экспериментальных работ Н.Г. Домбровским получены значения K_k (табл. 7.4) для машин с ковшовыми рабочими органами при работе их в различных грунтовых условиях.

Таблица 7.4

Значения удельного сопротивления копанью K_k в кг/см^2
(сохранена размерность эксперимента)

Грунт	Категория	Прямая лопата	Струг и драглайн	Скрепер
Песок рыхлый сухой	I	0,15...0,25	0,3...0,5	0,2...0,4
Песок, супесь, суглинок легкий (влажный)	I	0,3...0,7	0,6...1,2	0,5...1,0
Суглинок, гравий мелкий, средний, глина легкая, влажная и разрыхленная	II	0,6...1,3	1,0...1,9	0,95...1,8
Глина средняя или тяжелая разрыхленная, суглинок плотный	III	1,25...1,95	1,6...6	1,5...2,5
Глина тяжелая	IV	2,0...3,0	2,6...4,0	3,2...4,9

Величина нормальной составляющей сопротивления копанию P_2 для экскаваторов может определяться по формуле $P_2 = \psi \cdot P_1$, где $\psi = 0,2...0,6$ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств грунта, формы рабочего органа, его затупления, величины заглубления. Более высокие значения ψ соответствуют большему затуплению режущей части.

Общее сопротивление грунта копанию P является геометрической суммой сил P_1 и P_2 :

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}.$$

Вычисление сопротивления копанию изложенным выше способом является приближенным, поскольку при этом не учитывается зависимость сопротивления копанию от соотношения размеров стружки b и h , угла резания δ , степени затупления режущей кромки и других факторов (табл. 7.5). Однако этот способ до настоящего времени находит широкое применение благодаря простоте и достаточной для практических расчетов точности результатов.

Таблица 7.5

**Значения удельных сопротивлений копанию K_k
для ковшовых рабочих органов экскаваторов**

Категория грунта	Удельное сопротивление копанию K_k , кПа			
	Одноковшовые экскаваторы		Многоковшовые экскаваторы	
	прямая и обратная лопата	драглайн	поперечного копания	продольного копания (траншейные)
I	25...70	40...120	40...100	80...180
II	90...180	100...120	120...180	180...260
III	120...250	160...300	180...240	260...300
IV	250...400	300...500	240...300	300...400

При отделении грунта от массива механическим способом рабочему органу землеройной машины сообщаются обычно два движения – вдоль поверхности массива (главное движение) и поперек (движение подачи) срезаемой стружки грунта (рис. 7.3), которые могут выполняться отдельно или одновременно.

Режущая часть (кромка) рабочего органа, имеющая обычно форму клина, характеризуется следующими геометрическими параметрами (рис. 7.3, а); длиной режущей кромки b , углом заострения β , задним углом α , передним углом γ , углом резания $\delta = \beta + \alpha$ и толщиной стружки h . Эффективность процесса резания обеспечивается при оптимальных углах резания и

рациональной геометрии режущего инструмента. Оптимальные значения угла резания δ составляют $30...32^\circ$ для легких грунтов и $40...43^\circ$ для тяжелых; угла заострения $\beta = 25...27^\circ$ для легких и $32...35^\circ$ для тяжелых грунтов. Задний угол принимают равным не менее $6...8^\circ$. Ножевые рабочие органы землеройных машин характеризуются также длиной B , высотой H и радиусом кривизны r отвала, ковшовые – вместимостью q , шириной B , высотой H и длиной L ковша.

На рис. 7.3, б приведены и другие обозначения сил на кромке зуба (ножа) также часто встречающиеся в технической литературе.

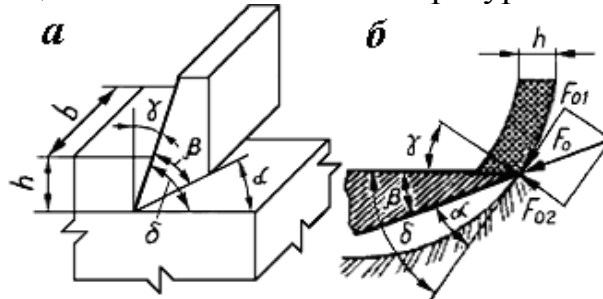


Рис. 7.3. Геометрия режущих элементов рабочих органов землеройных машин

7.2. Машины для подготовительных работ

Перед земляными работами часто необходимо проводить подготовительные работы: расчистку территории или полосы отвода от деревьев, кустарника, дернового покрова, пней, камней, тяжелые и мерзлые грунты необходимо предварительно разрыхлить. Для выполнения этих работ применяют специальные машины. Мелкие деревья и кустарники срезают кусторезами, а крупные деревья удаляются древовалами, корчевка пней и валунов выполняется корчевателями. Рыхление грунтов производится рыхлителями.

Кусторезы предназначены для расчистки заросших кустарником и мелколесьем площадей под застройку. Они представляют собой навесное оборудование на гусеничные тракторы тягового класса 10 и имеют гидравлическое управление. Основным рабочим органом кустореза (рис. 7.4, а) служит клинообразный отвал 2, со сменными гладкими или пилообразными ножами 6 в нижней части. Впереди отвала установлен носовой лист 1 для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев. Отвал смонтирован на универсальной толкающей раме 5, шарнирно прикрепленной к ходовым тележкам трактора, и соединяется с ней сферической головкой. На раму могут быть навешены также сменные рабочие органы корчевателя и бульдозера. Подъем и опускание рамы с рабочим органом осуществляется двумя гидроцилиндрами 4, работающими от гидросистемы трактора. При движении кустореза вперед опущенный в рабочее положение отвал с ножами срезает кустарники и мелкие деревья, образуя за собой проход, равный ширине захвата отвала (до 3,6 м). Защитное ограждение 3 в виде стального каркаса предохраняет трактор от повреждений при падении срезанных деревьев. Для периодической заточки ножей отвала используют переносную шлифовальную головку с приводом от трансмиссии трактора через гибкий длинный вал.

Производительность кусторезов с пассивным рабочим органом 11000...14000 м²/ч при средней скорости движения машин 3...4 км/ч.

Одиночные деревья на участках, подлежащих расчистке кусторезами, сваливают бульдозерами.

Для удаления деревьев со стволами диаметром более 20 см применяют цепные или дисковые пилы, а также дрезовалы. Дисковые пилы монтируются на гусеничные экскаваторы или тракторы повышенной проходимости для работы на заболоченных участках. Дисковая пила диаметром 1500...3000 мм устанавливается горизонтально в нижней части навесного оборудования. Привод осуществляется от механизмов, смонтированных на поворотной платформе. Дерево со стволом диаметром 24...26 см, срезанное вращающимся пильным диском, попадает на защитный диск над пилой и поддерживается захватами стрелы в вертикальном положении. Поворотная платформа, поворачиваясь, переносит рабочее оборудование со срезанным деревом вправо. Дерево укладывается сбоку от оси движения машины.

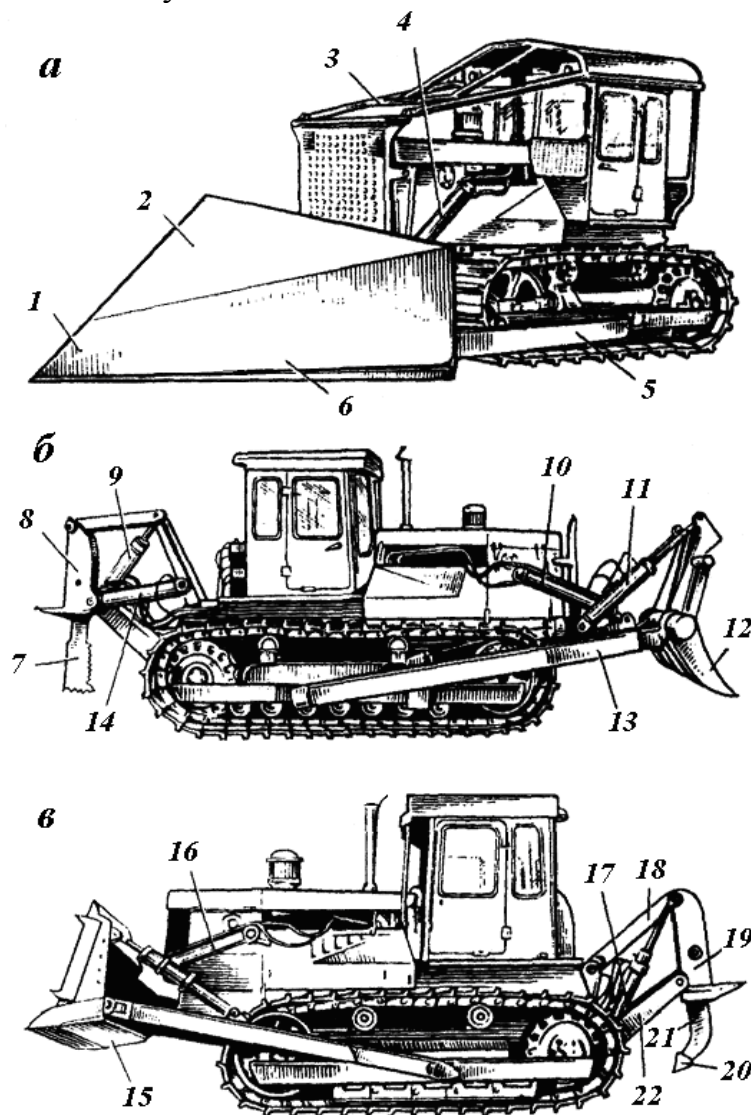


Рис. 7.4. Машины для подготовительных работ:
а – кусторез; б – корчеватель-собиратель; в – рыхлитель

Валка деревьев с корнями более целесообразна в теплое время года. Деревья толщиной до 30 см можно валить тракторами при помощи троса,

закрепляемого одним концом на крюке трактора, а другим на стволе дерева. Очень толстые деревья валют при помощи трелевочной лебедки, установленной на заякоренном тракторе, и полиспада.

Для валки деревьев применяют также специальное оборудование, смонтированное на тракторе-древовале (рис. 7.5). Основная рама 1, изменяющая положение по высоте с помощью гидроцилиндров 2, оборудована корчевальными зубьями 3 и вынесенной вперед мощной рамой-упором 4. Упираясь в ствол на высоте 3 м, древовал валит дерево. Корчевальные зубья служат для поддевания и выкорчевки корней.

Корчеватели-собиратели применяют для извлечения (корчевания) из грунта камней массой до 3 т, пней диаметром до 0,45 м, корневых систем, сплошной корчевки кустарника и мелколесья, транспортирования на близкое расстояние толканием пней, камней, кустарника и поваленных деревьев, а также погрузки камней и крупных пней в транспортные средства. На рис. 7.4., б показан корчеватель-собиратель на базе гусеничного трактора класса 10 с передним и задним расположением навесных рабочих органов. Передний корчеватель имеет износостойкие сменные зубья 12, смонтированные на толкающей раме 13. Поворот зубьев относительно рамы в вертикальной плоскости и подъем-опускание рамы с зубьями осуществляются соответственно гидроцилиндрами 10 и 11. Процесс корчевания крупных камней, пней и корней деревьев производится путем заглубления под них зубьев корчевателя и одновременном поступательном движении машины вперед. Задний корчеватель 7 смонтирован на балке 8 подвески и меняет свое положение в вертикальной плоскости с помощью гидроцилиндров 9 и 14. Гидроцилиндры переднего и заднего корчевателей работают от гидросистемы трактора. Корчеватели-собиратели навешивают на гусеничные тракторы класса 3...35 мощностью 50...390 кВт. Часовая производительность при корчевании пней составляет до 45...55 шт., при уборке камней – до 15...20 м³, при сгребании срезанных деревьев, выкорчеванных пней и кустарника – до 2500...4000 м².

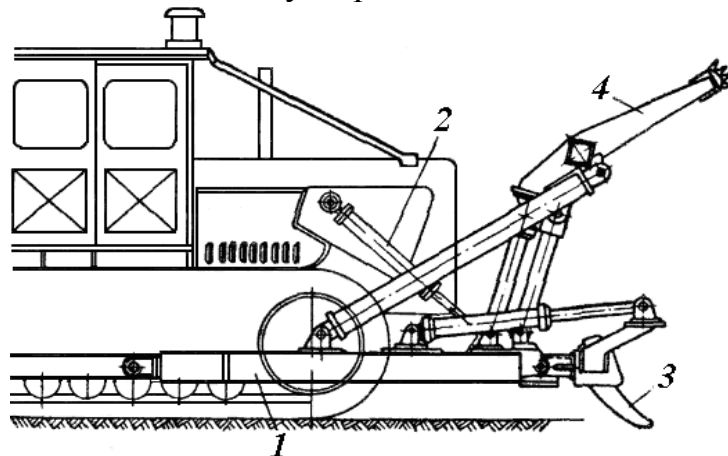


Рис. 7.5. Схема навески оборудования древовала на трактор

Рыхлители имеют одно- или трехзубое навесное рыхлительное оборудование заднего расположения с гидравлическим управлением. Рыхлительное оборудование навешивают на гусеничные бульдозеры с тягачами класса 10, 25, 35, 50 и 75 мощностью 118...636 кВт.

Главным параметром бульдозеров-рыхлителей является тяговый класс базового трактора. Индекс рыхлительного оборудования бульдозеров-рыхлителей включает две первые буквы ДП, за которыми следуют цифры порядкового номера модели и буквы, обозначающие очередную модернизацию (А; Б, В, ...) и северное (С, ХЛ) исполнение оборудования. Так, бульдозер-рыхлитель в северном исполнении на базе трактора Т-330 имеет индекс ДЗ-129АХЛ, а его рыхлительное оборудование в северном исполнении – ДП-29АХЛ. Крепление рыхлителей осуществляется к остоу базового трактора или к корпусу его заднего моста.

Бульдозеры-рыхлители применяют для предварительного послойного рыхления и перемещения плотных каменистых, мерзлых и скальных грунтов при устройстве строительных площадок, рытье котлованов и широких траншей, а также для взламывания дорожных покрытий. Разрушение грунтов и пород происходит при поступательном движении машины и одновременном принудительном заглублении зубьев рабочего органа до заданной отметки. В процессе рыхления массив грунта разделяется на куски (глыбы) таких размеров, которые удобны для последующей их эффективной разработки, погрузки и транспортирования другими машинами.

Рыхление производят параллельными резами по двум технологическим схемам: без разворотов у края площадки с возвратом машины в исходное положение задним ходом (челночная схема) и с поворотом рыхлителя в конце каждого прохода (продольно-поворотная схема). Челночная схема наиболее рациональна при малых объемах работ в стесненных условиях, продольно-поворотная – на участках большой протяженности. Максимальные величины глубины и ширины захвата рыхления, рабочих скоростей движения и число зубьев рыхлителя определяются тяговым классом базовой машины. Наименьшая глубина рыхления за один проход должна на 20...30% превышать толщину стружки грунта, разрабатываемого землеройно-транспортными машинами, в комплексе с которыми работает рыхлитель. Рыхление высокопрочных грунтов осуществляется, как правило, одним зубом.

Рабочий орган рыхлителя состоит из несущей рамы, зубьев, подвески и гидроцилиндров управления. Зубья имеют сменные наконечники, лобовая поверхность которых защищена износостойкими пластинами. Для интенсификации процесса рыхления на зубья рыхлителей устанавливают уширители, которые позволяют за один проход разрушать большие объемы материала и выталкивать каменные глыбы на поверхность. Уширители обеспечивают более устойчивое движение базового трактора и работу рыхлителя, практически сплошное разрушение материала между соседними бороздами, снижение общего количества проходов.

Зубья выполняют неповоротными, жестко закрепленными в карманах рамы и поворотными в плане (на угол 10...15° в обе стороны) за счет их установки в специальных кронштейнах – флюгерах, прикрепляемых к раме шарнирно. Поворотные зубья способны обходить препятствия, встречающиеся в грунте. Подвеска рыхлителя к базовой машине – четырехзвенная (параллелограммная). Она обеспечивает постоянство угла рыхления зубьев

независимо от величины их заглубления, что позволяет при оптимальных значениях этого угла осуществлять процесс рыхления с пониженными энергозатратами, повысить производительность рыхлителя и уменьшить износ наконечников зубьев.

Бульдозер-рыхлитель на базе трактора класса 10 (рис. 7.4, в) имеет четырехзвенную подвеску рыхлителя с неповоротным зубом. Подвеска составлена из опорной рамы, жестко прикрепленной к базовому трактору, тяги 18, рабочей балки 19 и нижней рамы 22.

Балка имеет сменный зуб 21 с наконечником 20. Опускание, принудительное заглубление и фиксирование рыхлителя в определенном рабочем положении, а также подъем его при переводе в транспортное положение производятся двумя гидроцилиндрами 17.

Разрыхленный грунт перемещается бульдозерным оборудованием 15 с неповоротным отвалом. Бульдозер-рыхлитель может быть оборудован бульдозерным оборудованием с поворотным отвалом и универсальной рамой для навески корчевателя и кустореза, а также комплектом сменных уширителей. Гидроцилиндры рыхлителя 17 и бульдозера 16 работают от гидросистемы базовой машины. Рыхлители имеют наибольшую ширину захвата (при трех зубьях) 1480...2140 мм и рыхлят грунты высокой прочности на глубину 0,4... 1,2 м. Производительность навесных рыхлителей на грунтах IV...V категорий 60...150 м³/ч, средняя рабочая скорость движения 2,5...5 км/ч.

Эксплуатационная производительность навесного рыхлителя:

$$П_э = 3600V/k_v/T_{ц} \text{ т/час,}$$

где V – объем грунта, разрыхляемого за цикл; k_v – коэффициент использования машины по времени; $T_{ц}$ – продолжительность цикла, с.

$$V = Bh_{cp}l,$$

где B – средняя ширина полосы рыхления, зависящая от числа, шага и толщины зубьев, угла развала (15...60°) и коэффициента перекрытия (0,75...0,8) резов, м; h_{cp} – средняя глубина рыхления в данных грунтовых условиях, м; l – длина пути рыхления, м.

При челночной схеме работы рыхлителя

$$T_u = (l/v_p) + (l/v_x) + t_c + t_o,$$

где v_p и v_x – скорости движения машины соответственно при рыхлении и холостом (обратном) ходе, м/с; t_c – время на переключение передачи ($t_c \approx 5$ с); t_o – время на опускание рыхлителя ($t_o = 2...3$ с).

При разработке участка продольными проходами с разворотами на концах к времени цикла добавляется t_p – продолжительность разворотов трактора в конце участка, а время холостого хода исключается.

Оборудование для открытого водоотлива. Для откачки дождевых, талых и грунтовых вод из траншей, котлованов, колодцев, а также мелких водоемов на строительных площадках, трассах строительства коммуникаций открытым способом применяют открытый водоотлив, осуществляемый с помощью насосов и насосных установок. Открытый водоотлив эффективен при малых скоростях притока грунтовых вод, когда этот способ не снижает несущей способности грунта под сооружением и обеспечивает устойчивость откосов траншей и котлованов. При открытом водоотливе наиболее часто

применяют диафрагмовые и самовсасывающие центробежные насосы, реже используют погружные насосы, опускаемые непосредственно в выемку с водой.

Диафрагмовый насос (рис. 7.6, *а*) состоит из корпуса 1 со всасывающим патрубком 7, крышки 4 с отводящим патрубком 3 и резиновой диафрагмы 6 с колпаком 5, которым от механического привода сообщаются возвратно-поступательные (колебательные) движения. При движении диафрагмы вверх в корпусе насоса, создается разрежение, за счет которого нагнетательный клапан 2 закрывается, а всасывающий 8 открывается, и происходит засасывание жидкости в полость корпуса насоса. При движении диафрагмы вниз вода вытесняется через открытый нагнетательный клапан 2 (клапан 8 закрыт) в отводящий патрубок 3, соединенный с отводящим шлангом. Насос с приводом монтируют на колесной тележке. В комплект насоса входит два резиноканевых шланга – всасывающий и отводящий. На свободном конце всасывающего шланга установлен сетчатый фильтр, предохраняющий насос от попадания в него посторонних частиц. Диафрагмовые насосы имеют сравнительно низкую производительность (до 30...45 м³/ч при высоте подъема до 5 м) и применяются для выполнения небольших объемов водоотливных работ.

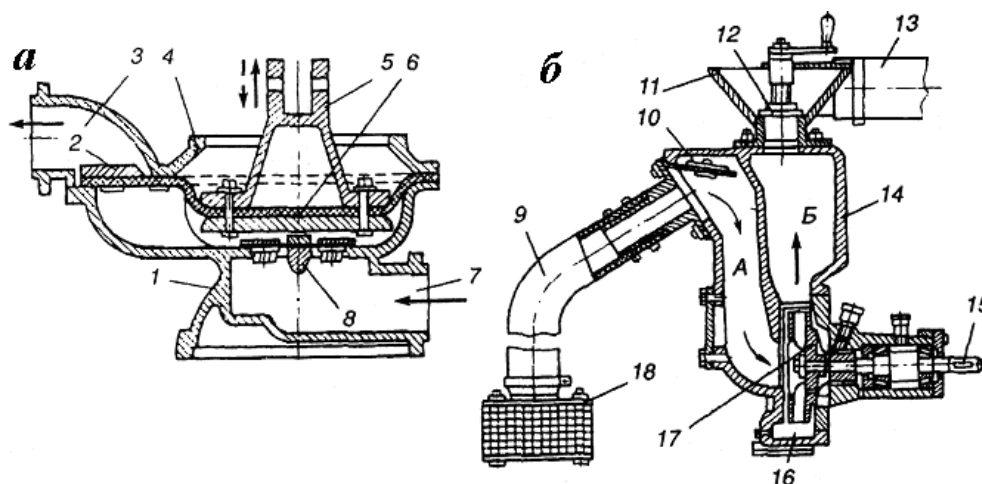


Рис. 7.6. Насосы:

а – диафрагменный; *б* – центробежный самовсасывающий

Значительно большую производительность (до 250...500 м³/ч) при высоте подъема до 4,5...6 м и манометрическом напоре до 0,12...0,2 МПа имеют центробежные насосы. Особенностью таких насосов является потребность в заливке их корпусов водой перед пуском в работу. Самовсасывающий центробежный насос (рис. 7.6, *б*) состоит из корпуса 14, рабочего колеса 17, всасывающего шланга 9 с фильтром 18, напорного шланга 13, заливной горловины 11 с быстродействующим запорным клапаном 12 и обратного клапана 10. Внутри корпуса насоса имеются два резервуара – всасывающий *А* и напорный *Б*, сообщающиеся между собой через спиральную камеру 16, в которой расположено рабочее колесо 17 с тремя лопастями специального профиля, закрепленное на приводном валу 15.

Перед пуском насоса в его корпус через горловину заливают воду, после чего включают привод насоса. С началом вращения рабочего колеса вода из резервуара *А* нагнетается в напорный резервуар *Б*. В результате разрежения,

создаваемого во резервуаре *A* (всасывающем), обратный клапан *10* открывается, и воздух из всасывающего шланга начинает поступать в корпус насоса. По мере создания необходимого разрежения во всасывающей магистрали (шланг *9* и резервуар *A*) последняя заполняется водой через фильтр *18*, самовсасывание насоса прекращается, и он переходит на нормальный режим работы по откачиванию воды.

Центробежные насосы приводятся в действие от электромотора или двигателя внутреннего сгорания через редуктор. Для быстрой доставки к месту откачки насосы монтируют на прицепных колесных тележках, автомобилях, гусеничных и колесных тракторах. Привод насосов самоходных установок осуществляется от вала отбора мощности базовой машины.

Оборудование для понижения уровня грунтовых вод. Для искусственного понижения уровня грунтовых вод при рытье траншей и котлованов и закрытой прокладке коммуникаций в песчаных и супесчаных водонасыщенных грунтах применяют иглофильтровые установки с погружаемыми в грунт вакуумными или эжекторными иглофильтрами. Иглофильтровые установки откачивают воду из вертикальных скважин, закладываемых по контуру осушаемой выемки, или строящегося подземного сооружения и располагаются на расстоянии до 1,5...2 м. Глубина погружения иглофильтров должна быть ниже отметки заложения сооружения на 1...2 м. Одним из основных средств водопонижения на глубину до 4...5 м являются вакуумные легкие иглофильтровые установки (ЛИУ). Водопонижение на большую глубину обеспечивается многоярусным расположением установок ЛИУ или установками с эжекторными иглофильтрами.

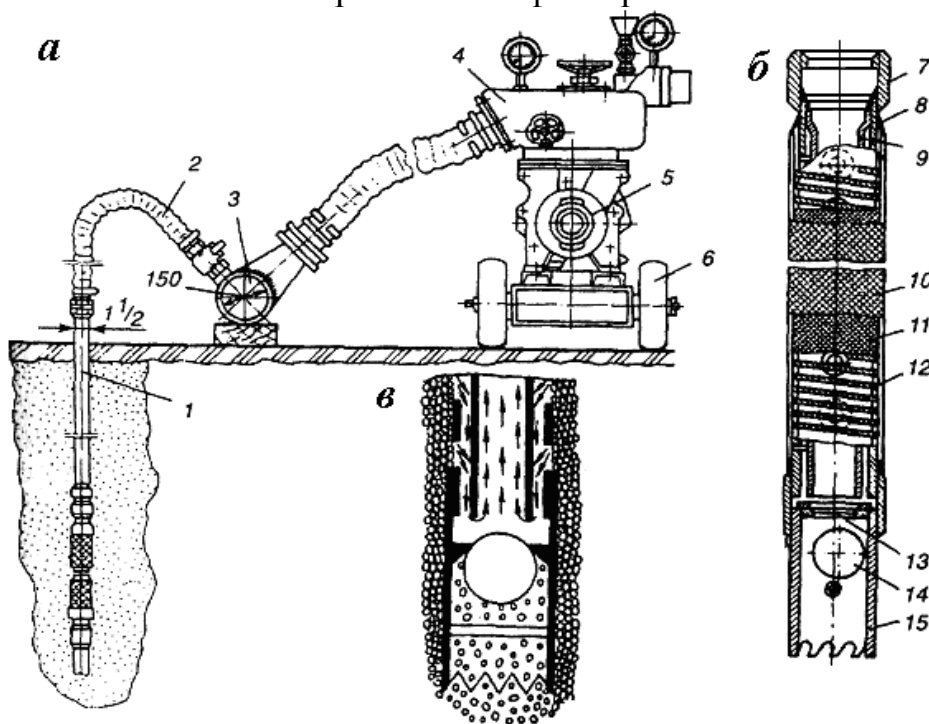


Рис. 7.7. Установка ЛИУ

Установка ЛИУ (рис. 7.7, *a*) состоит из иглофильтров *1*, всасывающего водосборного коллектора *3* и самовсасывающего или центробежного насоса *4* с электроприводом *5* на колесном ходу *6*. Установки ЛИУ выполнены по единой

принципиальной схеме, комплектуются однотипными иглофильтрами и отличаются одна от другой количеством иглофильтров, типом всасывающего насоса и размерами водосборного коллектора. Последний составлен из звеньев стальных труб, соединяемых муфтами. На каждом звене коллектора имеются патрубки, к которым с помощью гибких шлангов 2 подсоединяются погруженные в грунт иглофильтры (рис. 7.7, б).

Они служат для очистки и накопления во внутренней своей полости грунтовых вод и состоят из фильтрового звена с наконечником и глухой надфильтровой трубы, соединяемой с водосборным коллектором.

Фильтровое звено выполнено из перфорированной наружной 8 и сплошной внутренней 9 труб. На спиральную проволочную обмотку 12 наложены две сетки – латунная фильтрационная 11 и защитная бронзовая 10. Наружная труба соединяется с надфильтровой соединительной муфтой 7. Внутри наконечника 15 наружной трубы установлен шаровой клапан 14, плотно прилегающий к седлу 13 в торце внутренней трубы 9 за счет вакуума, создаваемого насосом при отсасывании воды из иглофильтра. Иглофильтры погружают в грунт гидравлическим способом (подмывом) или в предварительно пробуренные скважины. В первом случае клапан 14 (рис. 7.7, в) открывается под напором воды, подаваемой в фильтровое звено от насоса, и погружение иглофильтра происходит под собственной тяжестью при интенсивном размыве грунта впереди фильтрового звена. Размытый грунт поднимается по затрубному пространству на поверхность. Величина необходимого заглубления иглофильтра в грунт в зависимости от требуемого понижения уровня грунтовых вод обеспечивается применением надфильтровых труб длиной 3; 4 и 5 м. Общая длина иглофильтра достигает 8,5 м. Установки ЛИУ обеспечивают подачу 60... 140 м³/ч, высота всасывания до 7 м при полном напоре 0,24...0,36 МПа. Мощность привода установок 5,5...20 кВт.

Для понижения уровня грунтовых вод до 15...20 м применяют установки с эжекторными иглофильтрами. Подъем откачиваемой воды в эжекторных иглофильтрах (рис. 7.8) осуществляется с помощью водоструйных насосов-эжекторов, принцип действия которых основан на непосредственной передаче энергии от одного движущегося потока жидкости другому. Принцип работы следующий. Рабочая вода 2 от центробежного насоса подается под напором по пространству, образованному между внутренней водоподъемной 5 и наружной 6 трубами иглофильтра к входному окну 9 эжектора, состоящего из камеры смешения 8 и диффузора 7 с насадкой диаметром 7...18 мм. Выходя с большой скоростью из насадки в камеру смешения, вода создает в ней вакуум, под действием которого грунтовая вода 1 через фильтровое звено 10 (такое же, как у ЛИУ) подсасывается в камеру смешения и в смеси 4 с рабочей водой подается вверх по внутренней трубе иглофильтра в сливную трубу 3.

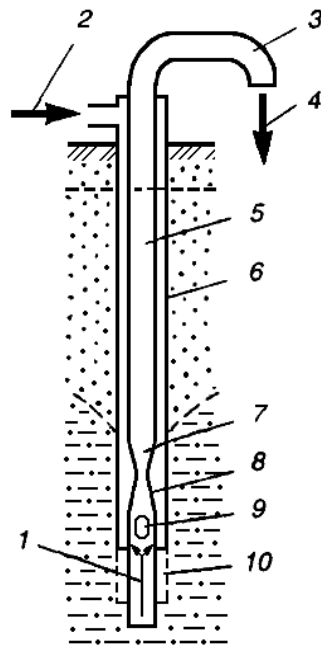


Рис. 7.8. Схема эжекторного иглофильтра

7.3. Землеройно-транспортные машины

Землеройно-транспортными машинами (ЗТМ) называют машины, выполняющие одновременно послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки или в отвал. К таким машинам относят бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдер-элеваторы. Эти машины широко используют в строительстве всех видов: промышленном, гражданском, гидротехническом, транспортном, прокладке коммуникаций и др. С их помощью возводят насыпи, делают выемки и котлованы, профилируют земляное полотно, планируют площади и выполняют работы многие других видов.

Рабочий процесс ЗТМ включает копание грунта, его транспортировку и выгрузку, выполняющиеся при движении машины. В зависимости от конструкции рабочих органов различают ковшовые (скреперы) и ножевые (бульдозеры, грейдеры и грейдер-элеваторы) землеройно-транспортные машины. Землеройно-транспортные машины выпускают самоходными, а также прицепными и полуприцепными.

Основные конструктивные схемы ножевых и ковшовых землеройно-транспортных машин показаны на рис. 7.9 с обозначением распределения сил тяжести по осям.

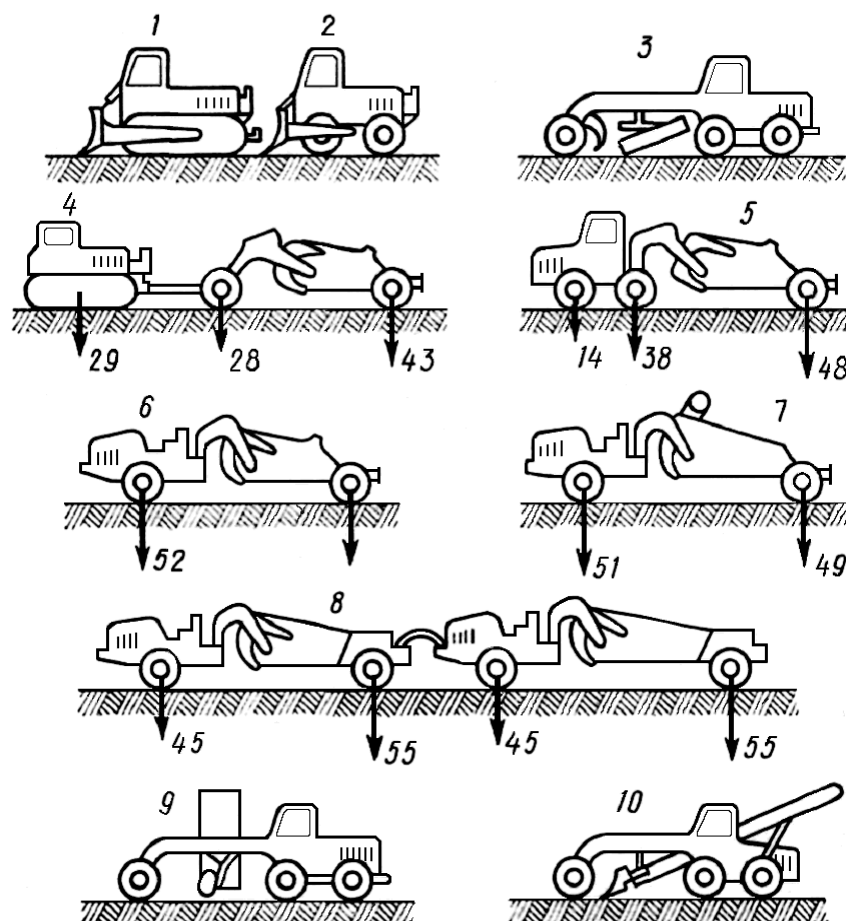


Рис. 7.9. Конструктивные схемы основных землеройно-транспортных машин:

1, 2 – бульдозеры гусеничный и колесный; 3 – автогрейдер; 4 – прицепной скрепер; 5 – полуприцепной скрепер к двухосному тягачу; 6 – полуприцепной скрепер к одноосному тягачу; 7 – скрепер самозагружающийся с элеватором; 8 – скреперный поезд из двух скреперов; 9 – грейдер-элеватор с дисковым сферическим ножом; 10 – грейдер-элеватор с совковым режущим инструментом; цифрами 14, 28, 29, ... 55 обозначены нагрузки на оси (т) для различных вариантов агрегатирования машин

По мощности силовых установок землеройно-транспортные машины подразделяют на машины малой мощности (до 100 кВт), средней (100...200) и большой (свыше 200).

Эффективность работы ЗТМ в значительной степени зависит от рельефа местности, климатических условий, физико-механических свойств и состояния грунта (прочность, влажность, липкость, абразивность, сопротивление сдвигу, разрыхляемость). Тяжелые условия работы машин возникают также при часто чередующихся крутых подъемах и спусках, в случаях движения по рыхлым и переувлажненным грунтам, а также при копании сухих, сильно пылящих грунтов. Землеройно-транспортные машины должны быть простыми в обслуживании, ремонте и надежными в работе; обладать хорошей проходимостью по рыхлым и переувлажненным грунтам и пескам, иметь высокий коэффициент сцепления движителей с грунтом, а также достаточную устойчивость как в продольном, так и в поперечном направлении при движении по косограм. Все механизмы и кабину необходимо надежно защищать от проникания пыли. На рабочих органах машин нужно предусматривать устройства для очистки их от налипающего грунта. Эти машины должны иметь хорошую проходимость.

ЗТМ отличаются высокой маневренностью и мобильностью, простотой конструкции и обслуживания, включая подготовку к работе. Непрерывность их цикла обеспечивается тем, что в одном агрегате может совмещаться землеройное, транспортное и планирующее оборудование. Благодаря этому землеройно-транспортными машинами в комплексе можно выполнять большинство основных и вспомогательных земляных работ во всех отраслях строительства.

Бульдозеры предназначены для послойной разработки грунта I...IV категорий и его перемещения при возведении и предварительном профилировании грунтовых насыпей; разравнивании грунта, отсыпанного в бурты и валы; чернового выравнивания и планировки поверхностей; копании траншей под фундаменты и коммуникации. Их используют для разработки выемок и котлованов, нарезки террас на склонах, засыпки рвов, ям, траншей, котлованов и пазух фундаментов зданий, а также для расчистки территорий от снега, камней, кустарника, пней, мелких деревьев, строительного мусора, уплотнения бытовых отходов на свалках и т.п. Бульдозеры со специальным оборудованием используются для толкания скреперов при их загрузке.

Бульдозерное навесное оборудование на базовый гусеничный (рис. 7.10) или пневмоколесный трактор (двухосный колесный тягач), включает отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и систему управления отвалом. Тягачи современных бульдозеров оснащаются дизельным двигателем с увеличенным запасом мощности и крутящего момента, механической или гидромеханической (динамической или объемной) ходовой трансмиссией с коробкой переключения передач под нагрузкой и гидросистемой управления бульдозерным отвалом. Последняя позволяет заглублять и выглублять отвал, переводить его в плавающее положение, перекашивать в поперечной плоскости, изменять угол резания, а в бульдозерах с поворотным отвалом – поворачивать его в плане на угол до 25° в обе стороны (рис. 7.11). Современные бульдозеры являются конструктивно подобными машинами, базовые тракторы и навесное оборудование которых унифицированы. Главный параметр бульдозеров – тяговый класс базового трактора (тягача).

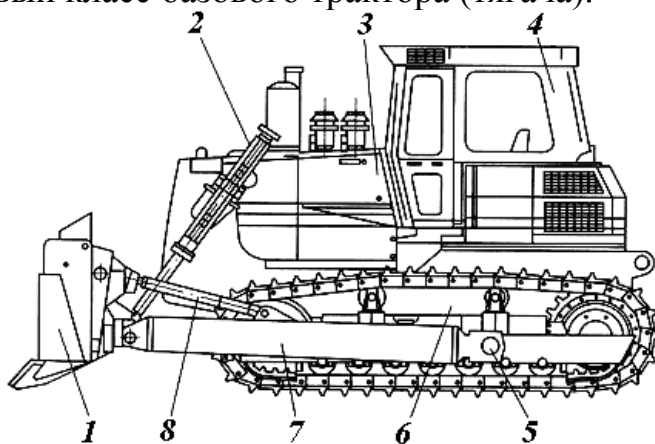


Рис. 7.10. Гусеничный бульдозер:

- 1 – отвал; 2 – гидроцилиндры подъема/опускания отвала; 3 – моторный отсек;
 4 – кабина машиниста; 5 – упряжной шарнир; 6 – гусеничная тележка;
 7 – толкающий брус; 8 – винтовой подкос

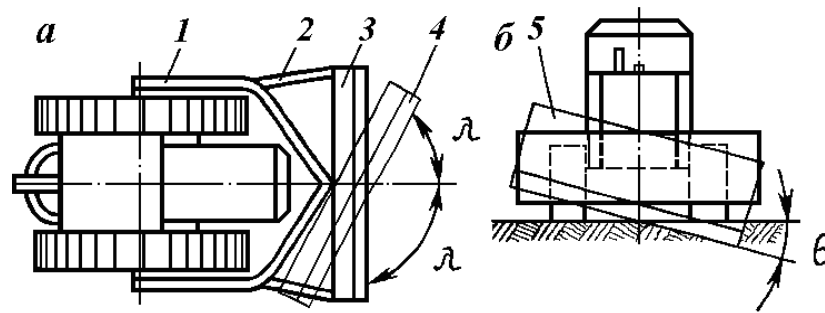


Рис. 7.11. Схема установки отвала бульдозера:

a — поворот отвала в плане; *б* — поворот отвала в вертикальной плоскости;
 1 — толкающая рама; 2 — боковой толкатель отвала; 3 — отвал; 4 — отвал, повернутый в плане; 5 — отвал, повернутый в вертикальной плоскости

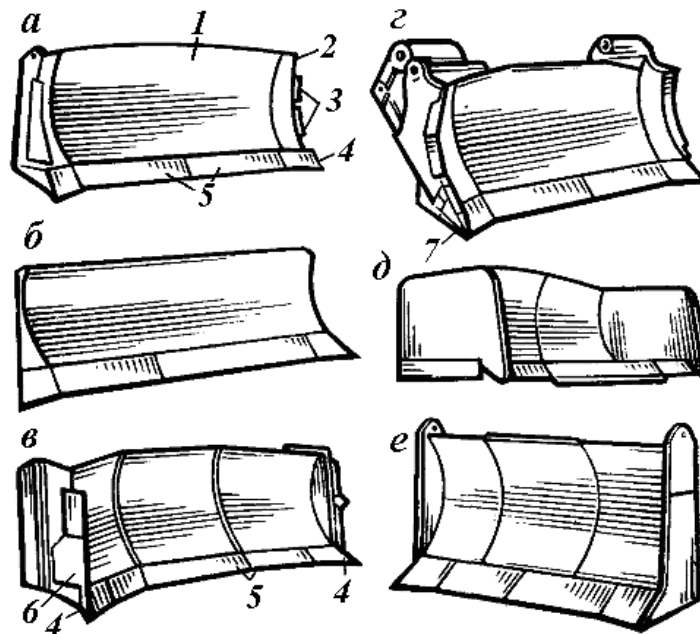


Рис. 7.12. Формы отвалов бульдозера:

a — прямой; *б* — универсальный; *в* — сферический; *г* — с боковыми рыхлящими зубьями;
д — совковый для уборки; *е* — короткий толкающий; 1 — лобовой лист вместе с козырьком; 2 — боковые щитки;
 3 — боковые ножи; 4 — угловые ножи; 5 — средние ножи; 6 — открылки; 7 — выдвижные зубья

Универсальный отвал (рис. 7.12, б) используют для планировочных работ в грунтах с нарушенной структурой. **Сферический отвал** (рис. 7.12, в) применяют для разработки мягких и средней крепости грунтов. Изогнутая в плане форма отвала предусмотрена для косо́го резания грунтов, при котором уменьшается сопротивление резанию и можно увеличить на 10...12% длину отвала. За счет выступающих вперед концов отвала объем перемещаемого грунта увеличивается на 20...25% по сравнению с прямым отвалом. **Отвал с рыхлящими боковыми зубьями** (рис. 7.12, г) используют для разработки крепких каменистых грунтов бульдозерами большой мощности. Зубья выдвигаются гидроцилиндрами ниже ножей на 20...30 см. **Совковый отвал** (рис. 7.12, д) имеет боковые щитки, снижающие потери грунта при перемещении и выступающую вперед часть ножа для лучшего врезания в грунт. Применяют его для разработки малосвязных грунтов в случае перемещении их на большие расстояния. Ширину неповоротного отвала выбирают в 2,8...3,0 раза больше его высоты. Ширина поворотного отвала на 30...35% больше неповоротного. Вместе с тем ширина отвала должна превышать ширину базовой машины не

менее чем на 100 мм для обеспечения возможности ее движения в траншее. *Короткие прямые отвалы* (рис. 7.12, е) снабжают амортизаторами, предназначают для бульдозеров-толкателей, толкающих при работе землеройно-транспортные машины для получения большего тягового усилия. Толкающие брусья таких отвалов устанавливают с внутренней стороны гусеничных тележек.

Кроме указанных типов отвалов внедряют в производство дополнительные виды сменного рабочего оборудования для отделки откосов насыпей, рыхления грунта, удаления кустарника и др. Использование их значительно повышает универсальность бульдозеров.

В зависимости от условий работы, мощности и типа тягача гусеничные бульдозеры работают на скоростях 2,4...6,0 км/ч, на колесных тягачах – 3,5...8,0, а перемещают грунты соответственно на скоростях 4...8 и 6...12 км/ч (холостой ход – 10...12 и 20...25 км/ч).

Преимущественное распространение получили гусеничные бульдозеры, обладающие высокими тяговыми усилиями и проходимостью. Чем выше тяговый класс машины, тем больший объем земляных работ она способна выполнять и разрабатывать более прочные грунты.

При копании режущая часть отвала заглубляется в грунт и бульдозер одновременно движется вперед. Максимально возможный объем призмы волочения современные бульдозеры набирают на участке длиной 6...10 м. Экономически целесообразная дальность перемещения грунта не превышает 60...80 м для гусеничных и 100...140 м для пневмоколесных машин. Вырезаемый из забоя грунт накапливается перед отвалом, формируя призму грунта, которую называют призмой волочения. После этого отвал выглубляют и бульдозер перемещает грунт к месту укладки. Далее бульдозер разравнивает призму грунта несколько приподнятым предварительно отвалом. Разравнивать грунт можно передним и задним ходом машины. При транспортировании грунта часть его теряется. Потери, зависящие от дальности перемещения, могут достигать до 30% и более от объема призмы волочения.

Производительность бульдозера:

$$\Pi_{\text{э}} = 3600 q_{\text{пр}} k_{\text{в}} / t_{\text{ц}} k_{\text{р}},$$

где $q_{\text{пр}}$ – объем призмы волочения; $k_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины по времени; $t_{\text{ц}}$ – время цикла; $k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления грунта.

Объем призмы волочения зависит от геометрических размеров отвала и свойств грунта:

$$q_{\text{пр}} = F_{\text{пр}} B_{\text{от}} / k_{\text{пр}}; \quad k_{\text{пр}} = \operatorname{tg} \delta \cdot k_{\text{р}};$$

(для песка $k_{\text{пр}} = 1,0 \dots 1,2$; для суглинка $k_{\text{пр}} = 1,2 \dots 1,4$; для глины $k_{\text{пр}} = 1,2 \dots 1,3$).

$$F_{\text{пр}} = (H_{\text{от}} - h)l / 2 = (H_{\text{от}} - h)^2 / 2 \operatorname{tg} \delta,$$

где $F_{\text{пр}}$ – площадь поперечного сечения призмы волочения; $B_{\text{от}}$ – длина отвала; $H_{\text{от}}$ – высота отвала; h – толщина срезаемого слоя грунта; l – длина (по оси бульдозера) призмы волочения; δ – угол естественного откоса грунта (град).

Продолжительность работы машины за цикл

$$t_{\text{ц}} = \frac{L_{\text{р}}}{v_{\text{к}}} + \frac{L_{\text{пер}}}{v_{\text{п}}} + \frac{L_{\text{р}} + L_{\text{пер}}}{v_{\text{х}}} + 2t_{\text{пов}} + t_{\text{п.п}} + t_{\text{о.п}},$$

где $L_{\text{р}}$ и $L_{\text{пер}}$ – длина путей резания и перемещения грунта; $v_{\text{к}}$, $v_{\text{п}}$ и $v_{\text{х}}$ – скорости копания и перемещения грунта, холостая скорость; $t_{\text{пов}}$, $t_{\text{п.п}}$, $t_{\text{о.п}}$ – время разворота (10...15 с), переключения передач (6...8 с), опускания и подъема отвала за один цикл (4...5 с).

На планировочных работах производительность бульдозера

$$П_{\text{э}} = \frac{3600L_{\text{пл}}(B_{\text{от}} \sin \lambda - 0,5)k_{\text{в}}}{n(L_{\text{пл}} / v_{\text{раб}} + t_{\text{пов}})},$$

где n – число проходов по одному месту.

При небольшом пути возврат может осуществляться задним ходом без разворота.

Скрепер предназначен для послойной разработки грунта, транспортирования и послойной укладки его в земляное сооружение или отвал с разравниванием. При движении по свежесыпанному слою грунта скрепер одновременно частично уплотняет его. Скреперы используют в дорожном, промышленном и гидротехническом строительстве для устройства насыпей из боковых резервов, выемок с перемещением грунта в насыпь, возведения плотин, отрывки котлованов, на вскрышных, мелиоративных и ирригационных работах, в карьерах, подготавливаемых для добычи каменных материалов, и на других земляных работах при послойной разработке грунта. Скреперы могут работать на самых разнообразных грунтах, кроме заболоченных. На влажных глинах и черноземах грунты налипают на стенки ковша скрепера и забивают его. Сыпучий песок также плохо заполняет ковш и плохо выгружается из него. Лучше всего скреперы работают на непереувлажненных супесях и суглинках, т.к. эти грунты хорошо заполняют ковш, т.е. сверх геометрической или номинальной емкости. Нельзя применять скреперы на грунтах, содержащих крупные камни. Очень плотные грунты требуют предварительного рыхления. Скреперами можно разрабатывать грунт до IV категории включительно. Для повышения эффективности работы скреперов с грунтами III...IV категорий их предварительно разрыхляют.

При работе скрепера на тяжелых грунтах сила тяги одного трактора или одноосного колесного тягача может оказаться недостаточной для срезания стружки и наполнения ковша. В таких случаях в качестве толкача применяются гусеничный трактор или двухосный колесный тягач, которые оборудуются толкающим приспособлением. Толкач упирается этим приспособлением в задний буфер скрепера и вместе с тягачом создает необходимое для наполнения ковша скрепера тяговое усилие. Используется поочередное заполнение двух скреперов, работающих в сцепке цугом, когда грунт набирается скреперами по очереди с использованием силы тяги обеих машин (рис. 7.9, 8). Скребковые питатели и элеваторы повышают степень наполнения ковша скрепера и дают более равномерную нагрузку скреперу и уменьшают потребную силу тяги.

Вследствие малой скорости движения гусеничных тракторов целесообразно применение прицепных скреперов для перемещения грунта на расстояние от 100 до 300 м. При дальности транспортирования грунта менее

100 м целесообразнее использовать бульдозеры, а при дальности перемещения грунта от 300 до 5000 м более эффективным является применение самоходных скреперов, у которых транспортные скорости примерно в 2..3 раза выше, чем у гусеничных машин.

Скреперы классифицируют по следующим признакам:

по геометрической емкости ковша: 1,5; 3,0; 6,0; 10,0; 15,0; 25 м³;

по способу передвижения: прицепные, полуприцепные, самоходные;

по способу разгрузки: со свободной, полупринудительной и принудительной разгрузкой (рис. 7.13).

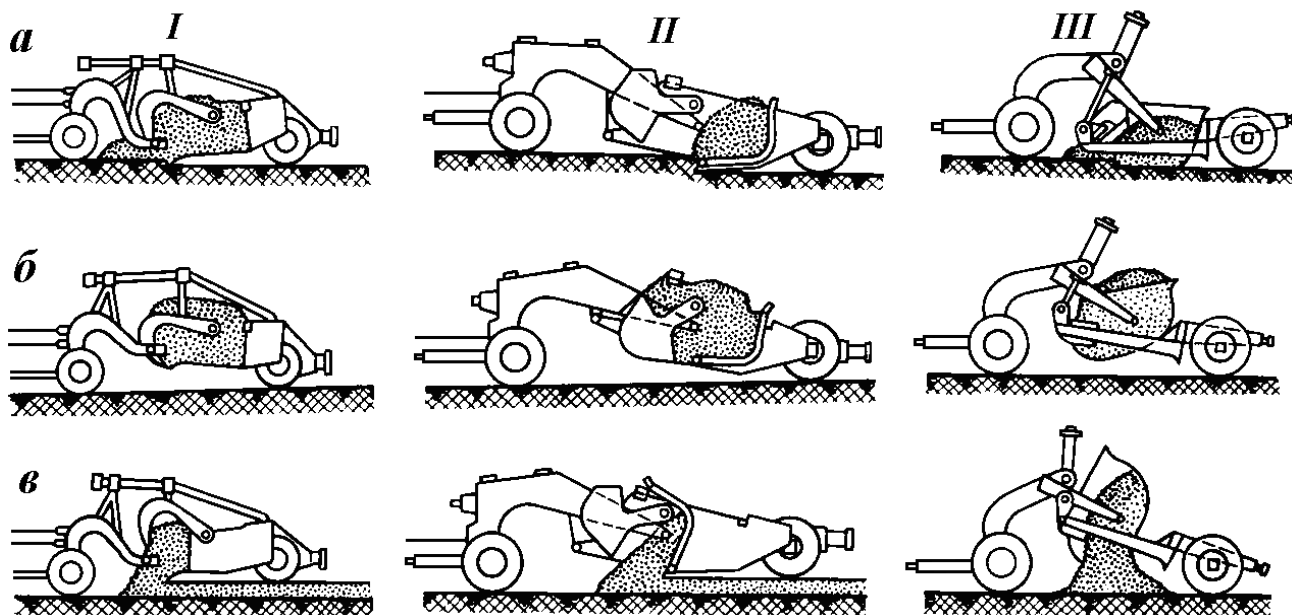


Рис. 7.13. Схемы устройства и работы скреперов:

I – скрепер с принудительной разгрузкой; II – скрепер с полупринудительной разгрузкой; III – скрепер со свободной разгрузкой; а – загрузка; б – транспортное положение; в – разгрузка

Свободная разгрузка не обеспечивает хорошего опорожнения ковша при липких и влажных грунтах и применяется только в машинах малой емкости. Самой надежной, хотя и несколько более энергоемкой, является принудительная разгрузка.

Гидравлическое управление у скрепера, так же как и у бульдозера, позволяет принудительно заглублять нож в грунт, что уменьшает длину пути загрузки скрепера. У самоходных скреперов с дизель-электрической силовой установкой целесообразнее применять индивидуальные электродвигатели.

Схема самоходного скрепера на базе одноосного тягача с одноосным ковшовым прицепом и с принудительной разгрузкой показана на рис. 7.14. Рабочим органом машины является ковш 9. Боковым стенкам и днищу ковша для усиления жесткости обычно придают коробчатую форму. Передняя балка обеспечивает жесткость всей конструкции, к ней присоединяют гидроцилиндры подъема и опускания ковша. Стенки ковша скошены для уменьшения налипания грунта. В плане ковш чаще всего несколько сужается назад (на 2...3°). Все скреперы снабжают буферами 12 – пространственными фермами коробчатого сечения, на которые воздействуют толкачи. К балкам фермы приваривают кронштейны для крепления оси задних колес. В буферах

устанавливают направляющие балки, по которым на роликах передвигается задняя стенка. Ножи ковша изготавливают составными, что обеспечивает смену только одной части при затуплении и поломке. Режущую часть ножа наплавляют твердыми сплавами. Для уменьшения сопротивления при разработке тяжелых грунтов ковши снабжают зубьями.

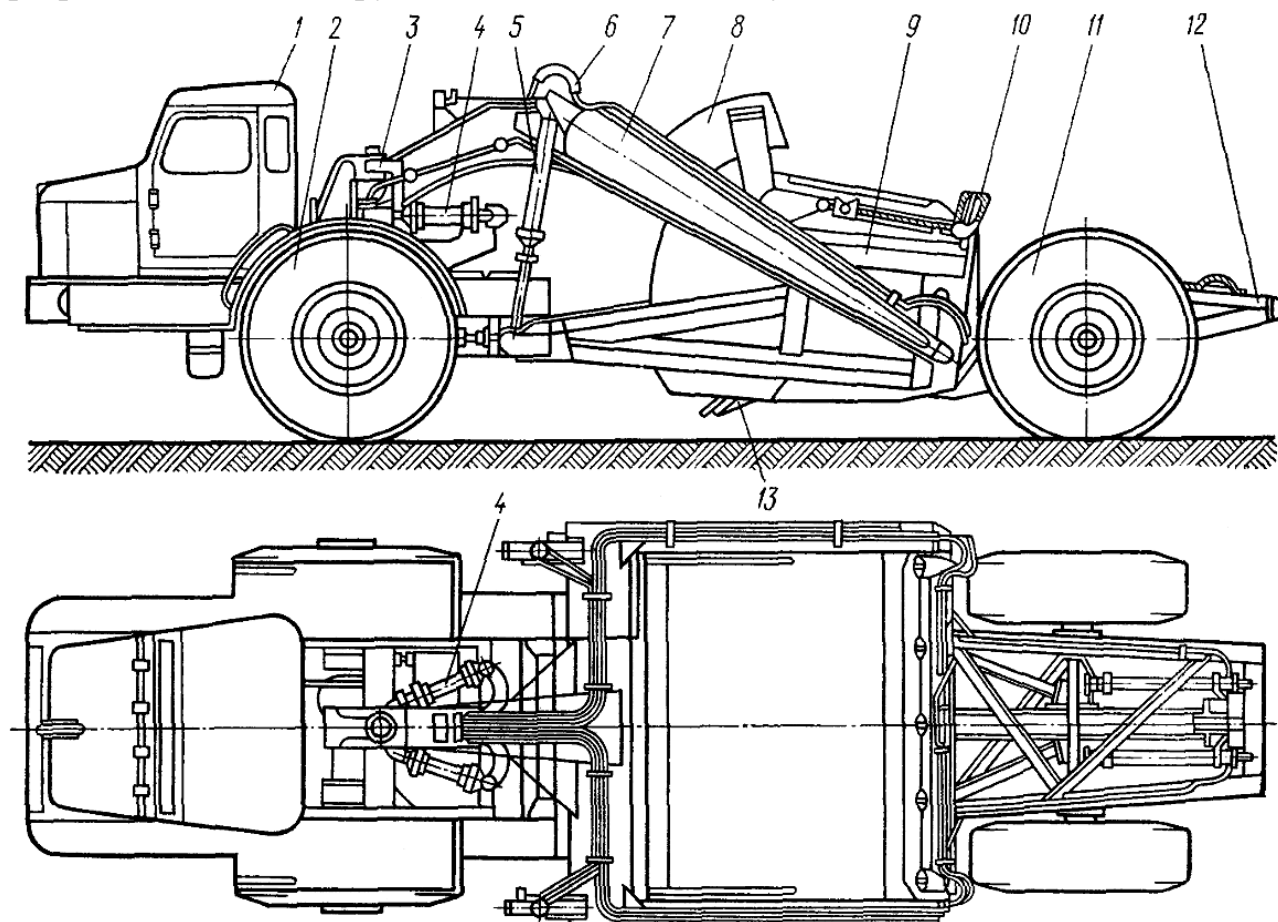


Рис. 7.14. Конструктивная схема полуприцепного скрепера:

1 – тягач; 2 – ведущие колеса; 3 – сцепное устройство; 4 – гидроцилиндры поворота; 5 – гидроцилиндр подъема ковша; 6 – гидросистема; 7 – передок; 8 – заслонка; 9 – ковш и задняя рама; 10 – задняя стенка; 11 – ведомые колеса; 12 – буферное устройство; 13 – ножи

Заслонка ковша предназначена для удержания в нем грунта. Она также создает условия для наиболее интенсивного поступления грунта в ковш при наборе. Форма заслонки влияет на образование призмы волочения, и от нее зависит место расположения ножа скрепера. Ковш заполняется грунтом лучше, а призма волочения получается меньшей при заслонке с более выпуклой стенкой. В современных скреперах применяют заслонки с наружным и внутренним креплением рычагов к ковшу. В последнем случае можно уменьшить габаритную ширину скрепера на 30...40 см. Работой заслонок управляют с помощью гидроцилиндров. Стенка перемещается внутри ковша, выталкивая из него грунт при разгрузке. Для передвижения и центрирования на задней стенке имеются ролики. Выдвигают заднюю стенку гидроцилиндрами.

Тяговая рама скрепера 7 (рис. 7.14), предназначенная для соединения ковша с тягачом, состоит из хобота, который соединен с рамой седельного устройства тягача, трубчатой поперечной балки и упряжных тяг, охватывающих ковш и соединенных с ним шарнирами. Ковш поднимают два

гидроцилиндра, укрепленные в кронштейнах хобота. Штоки цилиндров прикреплены шарнирно в передней части боковых стенок ковша.

Производительность скрепера

$$P_3 = 3600 q_k k_b k_n / (t_{\text{ц}} k_p),$$

где q_k – объем ковша; k_b – коэффициент использования машины по времени; k_n – коэффициент наполнения; $t_{\text{ц}}$ – время цикла; k_p – коэффициент разрыхления грунта.

При этом

$$t_{\text{ц}} = \frac{L_p}{v_k} + \frac{L_{\text{пер}}}{v_{\text{тр}}} + \frac{L_y}{v_y} + \frac{L_p + L_{\text{пер}} + L_y}{v_x} + 2t_{\text{пов}} + t_{\text{п.п}} + t_{\text{оп}},$$

где L_p , $L_{\text{пер}}$ и L_y – длина путей наполнения ковша и перемещения грунта, а так же выгрузки (уплотнения); v_k , $v_{\text{тр}}$, v_y и v_x – скорости копания, перемещения выгрузки грунта и холостая скорость; $t_{\text{пов}}$, $t_{\text{п.п}}$, $t_{\text{оп}}$ – время поворота (15...20 с), переключения передач (6...8 с), операций с ковшом (7...10 с).

Коэффициенты наполнения ковша скрепера зависят от грунта. При работе в сухом рыхлом песке их принимают равными 0,5...0,7 без толкача и 0,8...1,0 с толкачом, при работе в супеси и среднем суглинке соответственно 0,8...0,9 и 1,0...1,2, в тяжелом суглинке и глине – от 0,6...0,8 до 1,0...1,2.

Длина пути наполнения ковша

$$L_p = q_k k_n k_{\text{п}} / (0,7 B_n h k_p),$$

где 0,7 – коэффициент, учитывающий неравномерность стружки; $k_{\text{п}}$ – коэффициент потери грунта при образовании призмы волочения и боковых валиков; ($k_{\text{п}} = 1,2...1,6$); B_n – ширина режущих кромок ножей; h – толщина стружки.

Автогрейдеры (рис.7.15) предназначены в основном для производства планировочных работ и профилировки земляного полотна при строительстве автомобильных и железных дорог. Рабочим органом машины является отвал. Изменяют положение отвала в горизонтальной плоскости вращением поворотного круга. Отвал можно также наклонять и выносить в стороны для профилирования откосов при работе на косогорах. Передние колеса автогрейдера могут наклоняться относительно своей оси, что облегчает работу машины на косогорах. Задние мосты машины подвешены к основной раме посредством опорных балансиров и реактивных штанг, передний мост – посредством шкворня, обеспечивающего поворот переднего моста в вертикальной плоскости. Наличие шкворня и балансиров позволяет автогрейдеру плавно передвигаться по неровной местности.

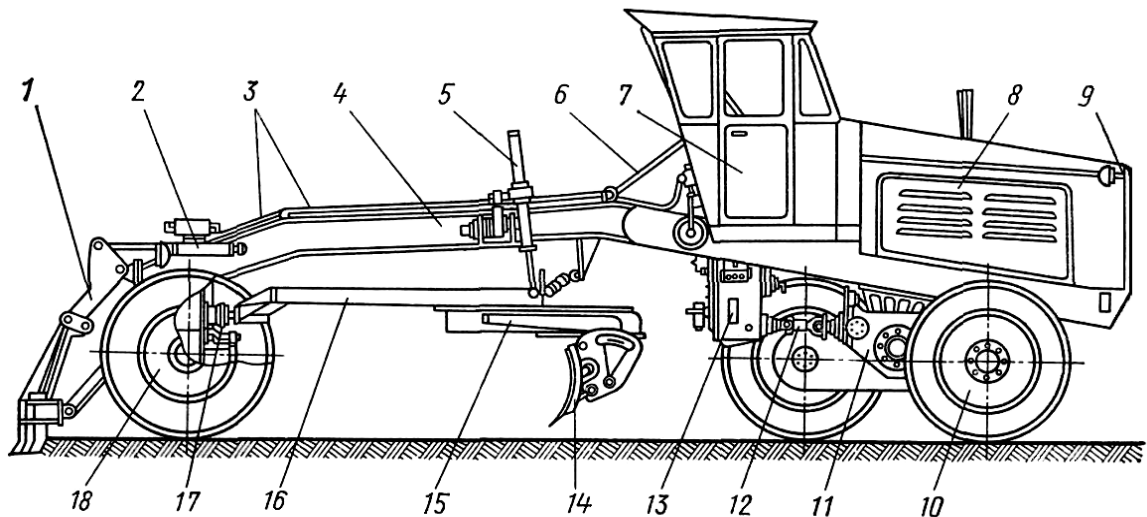


Рис. 7.15. Конструктивная схема автогрейдера:

1 – рыхлитель; 2, 5 – гидроцилиндры; 3, 12 – карданные валы; 4 – основная рама; 6 – вал рулевого колеса; 7 – кабина; 8 – двигатель; 9 – радиатор; 10 – задний мост; 11 – сцепление; 13 – коробка перемены передач; 14 – отвал; 15 – поворотный круг; 16 – рама поворотного круга; 17 – цапфа переднего моста; 18 – передний мост

Планировка поверхности разрабатываемой площади или профилировка дорожного полотна выполняется за несколько проходов с различными установками отвала и состоит из операций вырезания грунта и перемещения его вдоль отвала при движении автогрейдера. Для расширения области применения и увеличения времени использования машины в течение года автогрейдеры снабжают сменным рабочим оборудованием различного назначения: снегоочистителями плужным и роторным, грейдер-элеватором, дорожной фрезой, распределителем цемента. Дополнительным рабочим оборудованием автогрейдера является бульдозерное или рыхлитель.

В качестве силовых установок на автогрейдерах используют двигатели внутреннего сгорания. В узел трансмиссии входят многоступенчатая коробка перемены передач, раздаточная коробка, демультипликатор, главная передача и балансирные редукторы, что обеспечивает до десяти рабочих и транспортных скоростей. Выпускают автогрейдеры с гидромеханической трансмиссией, а также машины с гидромотор-колесами. Основные рамы автогрейдеров изготавливаются однобалочными трубчатого или коробчатого сечения. Ось рамы совпадает с продольной осью машины, что дает возможность в широких пределах изменять углы установки отвала в вертикальной плоскости и облегчает операцию по его выносу в стороны.

Основными параметрами автогрейдера являются общая масса машины, мощность двигателя N , сила тяги P_T , рабочие $v_{\text{раб}}$ и транспортные $v_{\text{тр}}$ скорости, колесная схема, а также максимальное давление P_n , которое передается через нож на грунт от массы машины.

Сцепной $G_{\text{сц}}$ и общий вес автогрейдера G_a связаны зависимостью:

$$G_{\text{сц}} = G_a \xi,$$

где коэффициент $\xi = 1$ для колесных формул $3 \times 3 \times 3$, $1 \times 3 \times 3$, $2 \times 2 \times 2$ и $\xi = 0,70 \dots 0,75$ при формуле $1 \times 2 \times 3$.

Максимальная сила тяги грейдера определяется по сцепному весу

$$P_T = G_{\text{сц}} \phi_{\text{сц}} = G_a \xi \phi_{\text{сц}},$$

где $\varphi_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления.

Тяговое усилие силу определяет силу, затрачиваемую на срезание грунта, что выражается равенством $\xi\varphi_{\text{сц}}G_a = k_{\text{рез}}F_c$. По этому уравнению можно определить то сечение стружки F_c , которое можно снять при известной массе машины. При профилировочных работах ввиду больших площадей сечения корыта (кювета) их вырезают за n проходов. Если F_k – общая площадь поперечного сечения корыта (кювета), то

$$F_c n = k_c F_k; \quad n = k_c F_k / F_c,$$

где k_c – коэффициент, учитывающий неравномерность сечения стружки при отдельных проходах; $k_c = 1,3$.

Отсюда можно определить оптимальную массу машины:

$$G_a = k_c F_k k_{\text{рез}} / (\xi\varphi_{\text{сц}} n).$$

Опыт использования автогрейдеров показывает, что число проходов для вырезания корыта обычно составляет 6...8. При расчете сил сопротивления движению автогрейдера следует исходить из наиболее тяжелых условий работы – копания и перемещения грунта.

Сила сопротивления копанию грунта автогрейдером

$$P_{\text{коп}} = P_{\text{рез}} + P_{\text{тр1}} + P'_{\text{пр}} + P'_{\text{тр2}} + P''_{\text{тр2}},$$

где сила сопротивления грунта резанию $P_{\text{рез}} = k_{\text{рез}}F_c$.

Если стружка грунта вырезается половиной длины отвала, то

$$F_c = \frac{L_{\text{от}}^2 h \sin \lambda}{4\sqrt{L_{\text{от}}^2 - 4h^2}},$$

где λ – угол между отвалом и осью машины.

Сила на преодоление трения ножа о грунт $P_{\text{тр1}} = \mu_1 P_n$.

Сила на перемещение призмы волочения $P'_{\text{пр}} = \mu_2 G_{\text{пр}} \sin \lambda$.

Приближенное значение веса призмы волочения $G_{\text{пр}}$, можно определить по уравнению

$$G_{\text{пр}} = \rho_{\text{г}} L_{\text{отв}} g (H_{\text{отв}} - 0,25h)^2 / 2k_p \operatorname{tg} \delta,$$

где δ – угол естественного откоса грунта (град).

Сила трения грунта при движении его вверх по отвалу

$$P'_{\text{тр2}} = \mu_1 G_{\text{пр}} \cos^2 \alpha,$$

где α – угол резания (между отвалом в нижней части и грунтом), $\alpha = 30...80^\circ$, обычно принимают $\alpha = 30...45^\circ$.

Сила трения грунта при перемещении его вдоль по отвалу

$$P'_{\text{тр2}} = \mu_1 \mu_2 G_{\text{пр}} \cos \lambda.$$

Развиваемое автогрейдером тяговое усилие должно быть больше возникающих при работе машины сопротивлений, к которым относятся силы резания, перемещения грунта по отвалу и грунта по грунту, сопротивления перемещения автогрейдера по грунту.

Если работа производится на участке протяженностью L_p , км, то объем грунта, срезанного автогрейдером за один проход туда и обратно, составит

$q = 2 \cdot 1000 L_p F_c$, а время цикла $t_{\text{ц}} = t_{\text{рез}} + t_{\text{пер}} + 2t_{\text{пов}}$, где $t_{\text{пов}}$ – время разворота автогрейдера в конце участка. Время вырезания грунта будет равно $t_{\text{рез}} = 2L_p/v_k$, а время перемещения грунта $t_{\text{пер}} = 2L_{\text{пер}}/v_{\text{тр}}$, где $v_k = 0,83 \dots 1,10$ м/с, $v_{\text{тр}} = 1,6 \dots 2,2$ м/с.

Производительность автогрейдера при профилировании дорожного полотна можно определить по формуле

$$P_{\text{г}} = L_{\text{п}} k_{\text{в}} / t_{\text{п}},$$

где $t_{\text{п}}$ – время профилирования, ч; $L_{\text{п}}$ – длина участка профилирования, км;

$$t_{\text{п}} = L_{\text{п}} n / v_{\text{п}} + t_{\text{пов}} (n - 1) / 60,$$

где n – число проходов, необходимое для профилирования.

Анализ использования автогрейдеров на строительстве автомобильных дорог показал, что на создание заданного профиля земляного полотна требуется от 10 до 16 проходов.

Передние управляемые колеса могут наклоняться вправо или влево от вертикали на угол до 20° , что улучшает курсовую устойчивость машины при боковых и внецентровых нагрузках. Наклон передних колес также осуществляется гидроцилиндрами. На ведущие передние колеса крутящий момент с переднего моста передается с помощью шарниров равных угловых скоростей (в случае механической и гидромеханической трансмиссии), обеспечивающих поворот и наклон колес. Передний мост, а с ним и передние колеса могут отклоняться относительно рамы автогрейдера до 35° , что выравнивает их давление на опорную поверхность и силу тяги, развиваемую ведущими колесами.

Качество планировочных работ, выполняемых автогрейдером, обусловлено длиной колесной базы, что сопряжено с плохой маневренностью машины из-за большого радиуса поворота. Поэтому значительная часть современного парка автогрейдеров изготавливается с шарнирно-сочлененной рамой, а некоторые модели машин выпускаются в двух вариантах: с моноблочной и шарнирно-сочлененной рамой. Шарнирно сочлененная рама улучшает маневренность машин и позволяет расширить перечень технологических приемов работой с боковым смещением передних колес и отвала (рис. 7.16). При этом повышается курсовая устойчивость машины и снижает возможность прохождения задних колес по отделанной поверхности или предотвращает его.

В автогрейдерах шарнирное сочленение, как правило, соединяет хребтовую балку, к которой крепится передняя ось, тяговая рама отвал и гидроцилиндры управления ими, и моторную раму, на которой размещаются двигатель, трансмиссия, кабина и органы управления. Поворот хребтовой балки относительно моторной рамы на угол до $\pm 30^\circ$ обеспечивается двумя гидроцилиндрами.

У автогрейдера система управления «изломом» рамы используется только при необходимости уменьшения радиуса поворота или при движении «крабом» (т.е. с боковым смещением передних колес относительно балансирной тележки), поэтому ее работа не синхронизирована с поворотом передних колес.

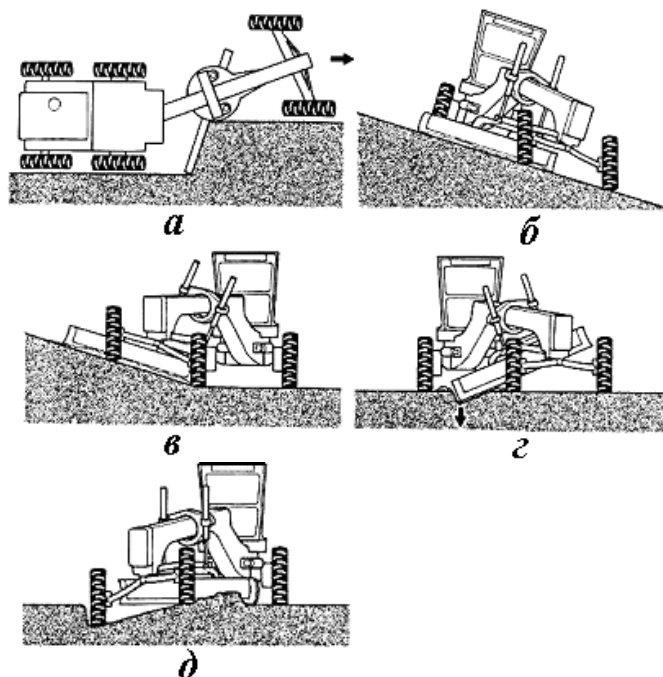


Рис. 7.16. Технологические приемы, доступные благодаря шарнирно-сочлененной раме:
 а – отделка поверхности (благодаря сдвигу передних колес все колеса идут по выровненной поверхности); б – работа на откосе (сдвиг наклоненных передних колес под уклон повышает устойчивость машины); в – профилирование откоса (движение задних колес по горизонтальной поверхности повышает точность профилирования); г – копание прочных грунтов (размещение срезающего конца отвала по продольной оси машины уменьшает усилия, разворачивающие машину, и повышает ее силу тяги); д – засыпка выемки (перекатывание передних колес по дну выемки предотвращает боковой увод и повышает точность отделки, т.к. задние колеса двигаются по ровной поверхности)

Практически все современные автогрейдеры оборудуются автоматическими системами управления, основной функцией которых является сохранение заданной ориентации грейдерного отвала в пространстве. Положение грейдерного отвала, заданное в начале движения машины, должно сохраняться независимо от колебаний автогрейдера, вызванных профилем грунта.

Реальные автоматические системы профилирования обеспечивают ровность обрабатываемой поверхности в пределах допусков, предписываемых строительными нормами и правилами. Для создания независимой системы координат грейдерного отвала могут использоваться маятниковые, копирные (проволочные и лазерные) и гироскопические задатчики. Эффективность автоматической системы профилирования определяется соотношением ее цены и производительности автогрейдера, получаемой с ее помощью.

Грейдер-элеватор – это землеройно-транспортная машина, используемая для послойной разработки грунта с помощью рабочего органа в виде ножа или совка и перемещения его ленточным конвейером или метателем в отвал или транспортные средства. Грейдер-элеваторы обеспечивают высокую производительность. Применяют их для возведения невысоких насыпей автомобильных и железных дорог из боковых резервов преимущественно в равнинной местности, разработки выемок с перемещением вынутого грунта в отвал, устройства полунасыпей на косогорах с поперечным уклоном до 12° и рытья небольших каналов для орошения земель.

Грейдер-элеваторами можно разрабатывать грунты I...III категорий без крупных каменистых включений. Высокой производительности грейдер-элеваторов в значительной степени способствует разделение функций резания и перемещения грунта между рабочими органами – ножами и транспортерами. Их целесообразно применять лишь на линейных работах при большой протяженности участков, где можно обеспечить работу в постоянном режиме.

По типу рабочих органов различают грейдер-элеваторы с дисковым сферическим (рис. 7.1, в, 7.9, 9), плоским или полукруглым ножом, с совковым режущим инструментом (рис. 7.9, 10) и с системой прямых или полукруглых ножей.

В зависимости от расположения отвальных конвейеров их разделяют на машины с диагональным и поперечным расположением конвейеров. Некоторые конструкции грейдер-элеваторов оборудованы поворотными конвейерами или имеют транспортирующие устройства в виде метателей.

Грейдер-элеваторы с системой прямых или полукруглых ножей и диагональным расположением конвейеров называют стругами, и ими обычно перемещают грунт только в транспортные средства.

В зависимости от мощности и категории грунта грейдер-элеваторы могут иметь производительность 400, 630, 1000 и 1600 м³/ч. По способу перемещения грейдер-элеваторы разделяют на прицепные, полуприцепные, навесные и самоходные. Основным типом является полуприцепной вариант. Навесные грейдер-элеваторы выпускают в виде сменного навесного оборудования к автогрейдерам.

По типу приводов грейдер-элеваторы разделяют на машины с механическим, гидравлическим и многомоторным дизель-электрическим приводом. В конструкциях самоходных грейдер-элеваторов применяют мотор-колеса.

При работе грейдер-элеватор последовательно проходит по обрабатываемому участку, вырезая грунт и подавая его конвейером в транспортные средства или отвал. Двигаясь за буксирующей машиной, нож опускается и поднимается с плужной балкой гидроцилиндрами, которые позволяют регулировать сечение снимаемой стружки в зависимости от сопротивления грунта резанию. Вырезанная стружка грунта отваливается на приемную часть конвейера, которая расположена наклонно в плоскости, перпендикулярной оси машины.

Конвейер состоит из двух шарнирно соединенных секций, подвешенных в трех точках к раме машины. Угол наклона верхней секции конвейера и, следовательно, высоту подъема грунта для разгрузки регулируют гидроцилиндрами соответственно высоте отсыпаемой насыпи. Нижняя секция конвейера во время работы поддерживается лыжей, скользящей по грунту. Конвейеры грейдер-элеваторов снабжают очистительными устройствами в виде шнеков, подвижных и неподвижных скребков, предназначенных для снятия налипшего на ленту грунта.

7.4. Экскаваторы

Экскаваторы предназначены для копания и перемещения грунта. Различают одноковшовые экскаваторы периодического (циклического) действия с основным рабочим органом в виде ковша определенной вместимости и экскаваторы непрерывного действия с многоковшовыми, скребковыми и фрезерными (бесковшовыми) рабочими органами. Одноковшовые экскаваторы осуществляют работу отдельными многократно повторяющимися циклами, в течение которых операции копания и перемещения грунта выполняются раздельно и последовательно. В процессе работы машина периодически перемещается на небольшие расстояния для продолжения работы. Экскаваторы непрерывного действия копание и перемещение грунта осуществляют одновременно и непрерывно. Производительность таких экскаваторов выше, чем одноковшовых, затрачивающих около $2/3$ рабочего времени на перемещение грунта и рабочего оборудования в исходное положение.

По назначению одноковшовые экскаваторы делят на строительные универсальные для земляных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве, карьерные – для разработки карьеров строительных материалов, рудных и угольных месторождений и вскрышные для обеспечения разработки полезных ископаемых открытым способом.

Экскаваторы непрерывного действия по назначению делят на машины продольного копания для рытья протяженных выемок прямоугольного и трапецеидального профиля – траншей для трубопроводов и коммуникаций различного назначения (траншейные экскаваторы), каналов и водоводов (каналокопатели), поперечного копания для карьерных, планировочных и мелиоративных работ, радиального копания для вскрышных и карьерных работ большого объема.

В городском строительстве преимущественно используют одноковшовые строительные и траншейные экскаваторы.

7.4.1. Одноковшовые экскаваторы

Строительными называют одноковшовые универсальные экскаваторы с основными ковшами вместимостью $0,25...2,5 \text{ м}^3$, оснащаемые различными видами сменного рабочего оборудования. Строительные экскаваторы предназначены для земляных работ в грунтах I...IV категорий. С помощью унифицированного сменного рабочего оборудования (до 40 видов) они могут выполнять также погрузочно-разгрузочные, монтажные, сваебойные, планировочные, зачистные и другие работы (рис. 7.17). Незначительное количество их работает с каким-либо одним видом оборудования. В основном это бывает на машинах большой мощности.

Рабочий цикл одноковшового экскаватора при разработке грунтов состоит из следующих последовательно выполняемых операций: копание грунта (заполнение ковша грунтом), подъем ковша с грунтом из забоя, поворот ковша к месту разгрузки, разгрузка грунта из ковша в отвал или в транспортные средства, поворот порожнего ковша к забою и опускание его в исходное положение для следующей операции копания. Для сокращения продолжительности цикла отдельные операции можно совмещать (например, подъем или опускание ковша с поворотом).

Классификация. Одноковшовые строительные экскаваторы классифицируют по следующим признакам:

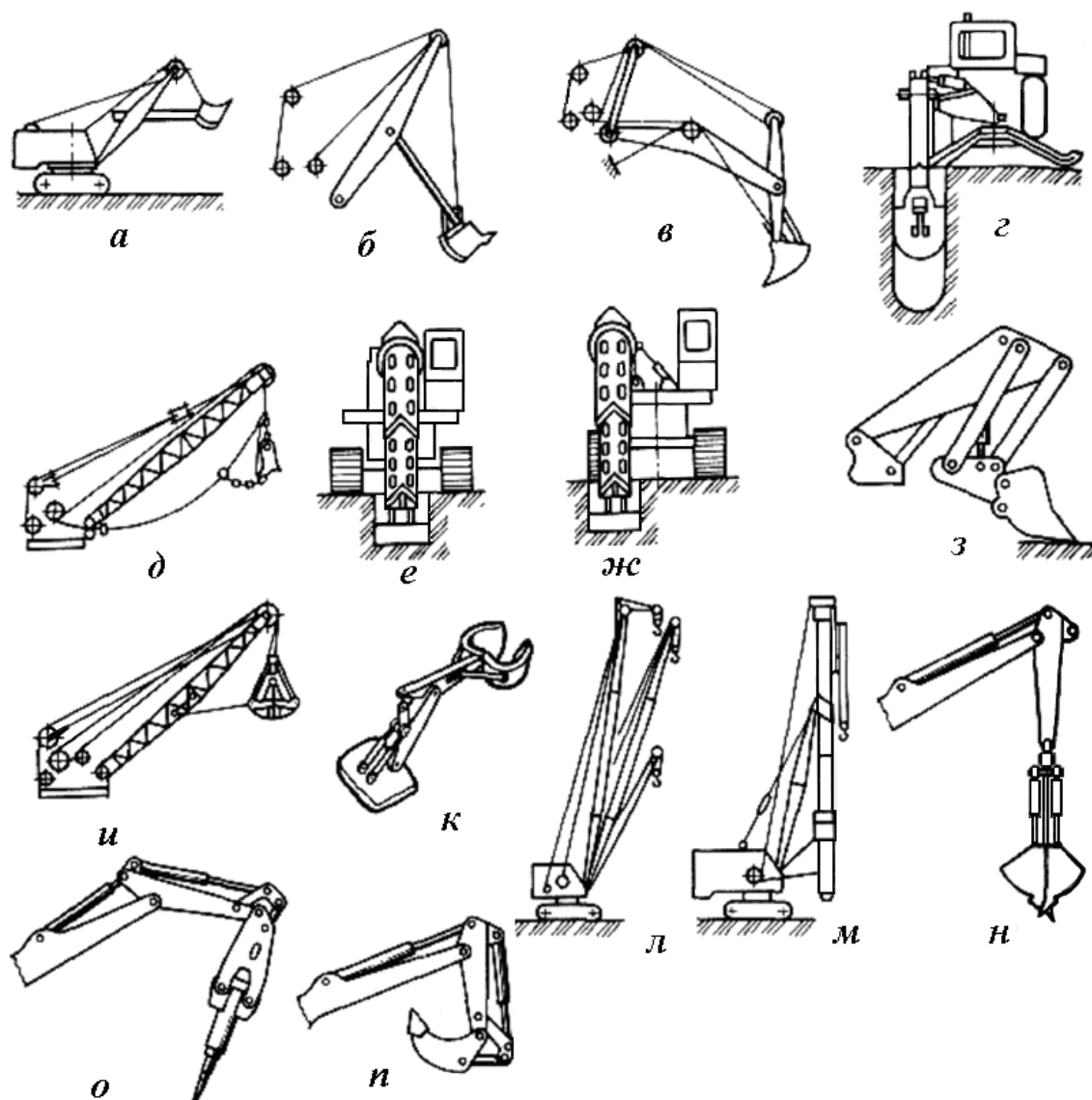


Рис. 7.17. Основные виды рабочего оборудования одноковшового экскаватора:

а – прямая лопата с принудительным напором; *б* – маятниковая прямая лопата; *в* – обратная лопата; *г* – боковая обратная лопата; *д* – драглайн; *е* – планировочное телескопическое оборудование; *жс* – боковое телескопическое оборудование; *з* – погрузочное оборудование; *и* – грейфер на канатной подвеске; *к* – челюстной захват; *л* – кран; *м* – копер; *н* – грейфер на жесткой подвеске; *о* – молот; *п* – рыхлитель

по назначению – строительные и строительно-карьерные, имеющие обычно ковш вместимостью $0,015...10 \text{ м}^3$ и массу $0,25...250 \text{ т}$, карьерные с ковшом вместимостью $2...20 \text{ м}^3$ и массой $40...900 \text{ т}$, вскрышные с ковшом вместимостью $4...160 \text{ м}^3$ и массой $170...13000 \text{ т}$, предназначенные для выполнения земляных работ больших объемов в горной промышленности, гидротехническом строительстве и т.п., туннельные и шахтные с ковшами вместимостью $0,5...1 \text{ м}^3$, массой $15...30 \text{ т}$ и уменьшенными размерами рабочего оборудования, предназначенные для подземных работ;

по типу ходового устройства – гусеничные с нормальной и увеличенной опорной поверхностью гусениц, пневмоколесные, на специальном шасси автомобильного типа, на шасси грузового автомобиля или трактора;

по типу привода – с механическим и гидромеханическим (одномоторные), гидравлическим и электрическим (многомоторные) приводом (название привода обычно соответствует типу примененной передачи);

по типу опорно-поворотного устройства – полноповоротные (не ограниченный в плане угол поворота рабочего оборудования обеспечивает унифицированный роликовый опорно-поворотный круг) и неполноповоротные (угол поворота рабочего оборудования в плане ограничен 270°);

по способу подвески рабочего оборудования – с гибкой подвеской на канатных полиспастах и с жесткой подвеской с помощью гидроцилиндров;

по виду исполнения рабочего оборудования – с шарнирно-рычажным и телескопическим рабочим оборудованием.

К основным параметрам одноковшовых экскаваторов относятся: вместимость ковша и продолжительность рабочего цикла. Также важны радиусы копания и выгрузки, высота и глубина копания, высота нагрузки, преодолеваемый экскаватором уклон пути, конструктивная и эксплуатационная массы машины, среднее давление на грунт у гусеничных машин и нагрузка на одно ходовое колесо у пневмоколесных, колея и база ходового устройства.



Рис. 7.18. Структура индексов одноковшовых универсальных экскаваторов

Индексация. Действующая система индексации предусматривает следующую структуру индекса (рис. 7.18), дающего более полную характеристику эксплуатационных возможностей машины. Буквы ЭО означают – экскаватор одноковшовый универсальный. Четыре основные цифры индекса последовательно означают: размерную группу машины, тип ходового

устройства, конструктивное исполнение рабочего оборудования (вид подвески) и порядковый номер данной модели. Восемь размерных групп экскаваторов обозначаются цифрами с 1 по 8. Размер экскаватора характеризуют масса машины и мощность основного двигателя, а также геометрическая вместимость основного ковша.

В настоящее время серийно выпускаются экскаваторы 2...6-й размерных групп. В стандартах на экскаваторы для каждой размерной группы обычно приводятся несколько вместимостей ковшей – основного и сменных повышенной вместимости, причем для последних предусмотрены меньшие линейные рабочие параметры (глубина и радиус копания, радиус и высота выгрузки и т.п.) и более слабые грунты, чем при работе с основным ковшом. Основным считается ковш, которым экскаватор может разрабатывать грунт IV категории на максимальных линейных рабочих параметрах. Вместимость основных ковшей экскаваторов составляет: для 2-й размерной группы – 0,25...0,28 м³; 3-й – 0,40...0,65 м³; 4-й – 0,65...1,00 м³; 5-й – 1,00...1,60 м³; 6-й – 1,60...2,50 м³; 7-й – 2,50...4,00 м³.

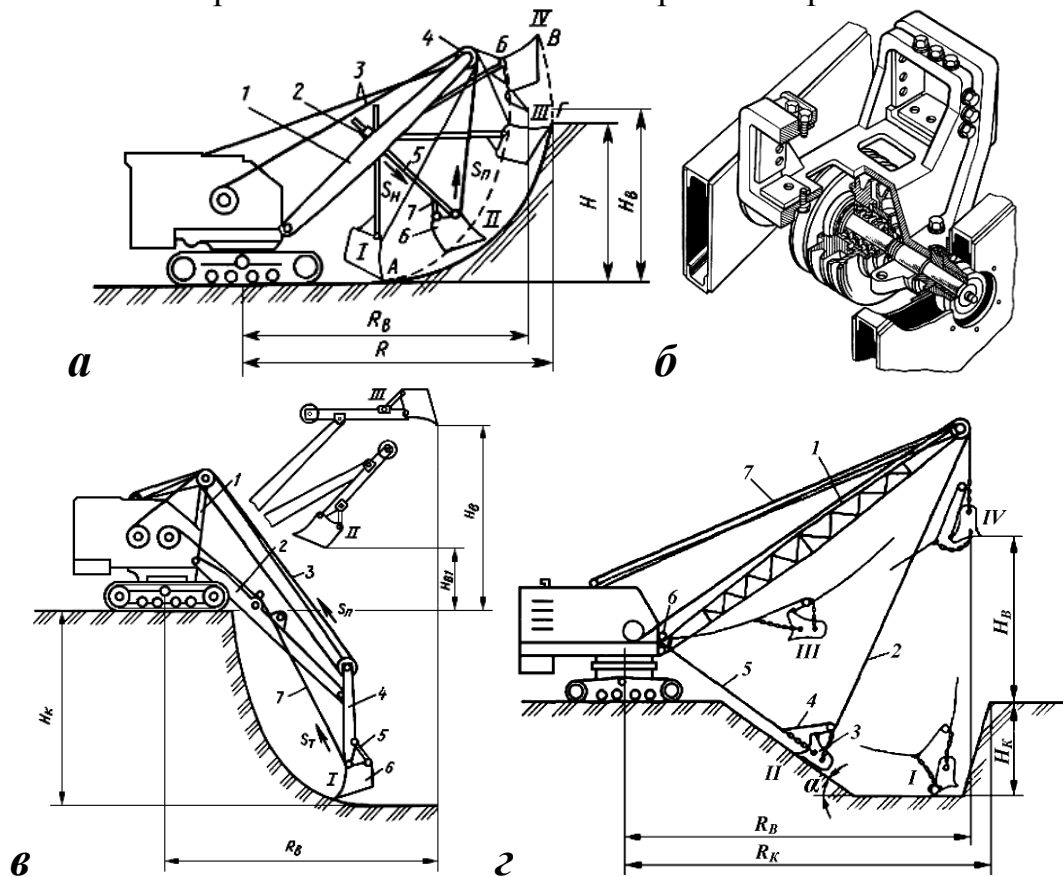
Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9: 1 – гусеничное (Г); 2 – гусеничное уширенное (ГУ); 3 – пневмокошесное (П); 4 – специальное шасси автомобильного типа (СШ); 5 – шасси грузового автомобиля (А); 6 – шасси серийного трактора (Тр); 7 – прицепное ходовое устройство (Пр); 8,9 – резерв. Конструктивное исполнение рабочего оборудования указывается цифрами: 1 (с гибкой подвеской), 2 (с жесткой подвеской), 3 (телескопическое). Последняя цифра индекса означает порядковый номер модели экскаватора. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т.д.) означает порядковую модернизацию данной машины, последующие – вид специального климатического исполнения (С или ХЛ – северное, Т – тропическое, ТВ – для работы во влажных тропиках). Например, индекс ЭО-5123ХЛ расшифровывается так: экскаватор одноковшовый универсальный, 5-й размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, третья модель в северном исполнении. Экскаватор оборудуется основным ковшом вместимостью 1,0 м³, соответствующим 5-й размерной группе, и сменными вместимостью 1,25 и 1,6 м³.

Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего оборудования представляют собой полноповоротные машины (рис. 7.19) с одномоторным и многомоторным (дизель-электрическим) приводом. На поворотной платформе таких машин смонтирована двуногая опорная стойка, несущая стрелоподъемный полиспаст. Промышленность выпускает строительные экскаваторы с одномоторным приводом 3...5 размерных групп, с многомоторным приводом – 6-й размерной группы.

Основными видами сменного рабочего оборудования таких экскаваторов являются прямая и обратная лопаты, драглайн, грейфер и кран. Кроме указанных видов экскаваторы оснащаются также оборудованием для погружения свай и шпунта, планировки и зачистки площадок и откосов, засыпки траншей, корчевания пней, рыхления мерзлых и скальных грунтов,

взламывания дорожных покрытий, разрушения старых фундаментов зданий и стен и т.п.

Экскаватор с рабочим оборудованием прямой лопаты (рис. 7.19, а) разрабатывает грунт в забое, расположенном выше уровня стоянки машины, и состоит из стрелы 1, рукояти 5 и ковша 6 с открывающимся днищем. Ковш шарнирно соединен с рукоятью и может быть установлен в нужное положение с помощью тяг 7. В процессе работы в забое это положение ковша относительно рукояти остается неизменным. Стрела нижним концом шарнирно соединена с проушинами, расположенными в передней части платформы. Другим концом стрела там, где она имеет головные блоки 4, подвешена стрелоподъемными канатами 3 к двуногой стойке, размещенной на платформе. С помощью этих канатов стрелу при копании устанавливают под углом $45...60^\circ$ к площадке, на которой стоит машина в забое. В процессе работы этот угол установки стрелы не меняют. В средней части к стреле посредством седлового подшипника 2 (рис. 7.19, б) шарнирно присоединена рукоять с ковшом. Подшипник позволяет рукояти совершать возвратно-поступательные движения вдоль ее оси и поворачиваться относительно стрелы в вертикальной плоскости.



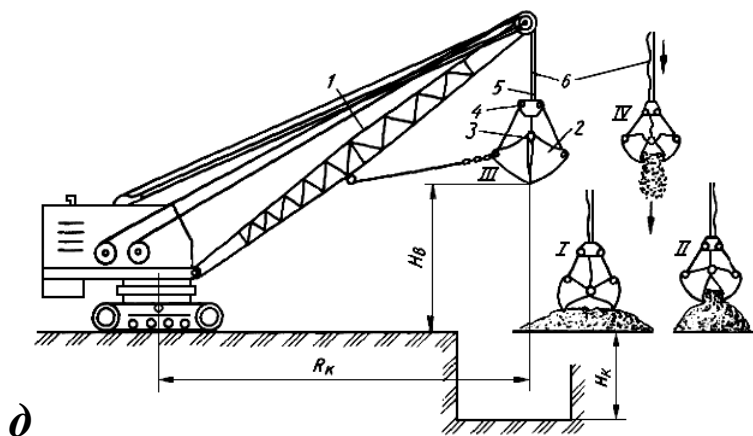


Рис. 7.19. Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего оборудования:

а – прямая лопата; *б* – седловой подшипник прямой лопаты; *в* – обратная лопата;
г – драглайн; *д* – грейфер

Из положения *I* (начало копания) под действием подъемного усилия $S_{\text{п}}$ зубья ковша перемещаются из положения *A* по траектории *A—Г—B*, близкой к дуге с центром в оси вала седлового подшипника 2. Отделение стружки грунта нужной толщины осуществляется приложением к ковшу через рукоять напорного $S_{\text{н}}$ или возвратного $S_{\text{в}}$ усилий. В зависимости от свойств разрабатываемого грунта и варьирования сил $S_{\text{п}}$ и $S_{\text{н}}$ траектория движения зубьев может существенно отличаться от траектории *A—Г—B*. С одной стоянки в забое машина может разрабатывать грунт в зоне досягаемости (*A—B—B—Г—A*). Сравнивая ее с аналогичной у гидравлического экскаватора, оборудованного прямой лопатой (рис. 7.21, *б*), видно, что она более благоприятна. Машина может разрабатывать в связных грунтах высокий (в пределах возможной высоты подъема ковша) забой без образования навеса. После наполнения ковша грунтом совершается поворот платформы с рабочим оборудованием на выгрузку грунта из ковша, выгрузка и обратный поворот в забой. Выгрузка ковша осуществляется открыванием его днища. По мере выработки грунта машина передвигается вдоль забоя.

Экскаватор с оборудованием обратной лопаты (рис. 7.19, *в*) предназначен для рытья траншей и котлованов, расположенных ниже уровня его стоянки. Рабочее оборудование обратной лопаты состоит из ковша 6, рукояти 4, стрелы 2, передней стойки 1 и полиспастов: тягового 7, подъемного 3 и стрелового (для удержания передней стойки). Ковш шарнирно прикреплен к рукояти. Его положение фиксируется с помощью туг 5. Наполнение ковша, врезаемого в грунт под действием веса рабочего оборудования, происходит при подтягивании его к экскаватору тяговым полиспастом 7 и одновременном ослаблении натяжения подъемного полиспаста 3. Выгрузка грунта из ковша осуществляется поворотом рукояти от забоя при ослаблении тягового полиспаста и подъеме рабочего оборудования подъемным полиспастом.

Положение ковша при копании грунта в забое, повороте на выгрузку и при выгрузке (положения *I*, *II* и *III*) достигается приложением к ковшу и верхнему концу рукояти через канаты 7 и 3 соответственно тягового $S_{\text{т}}$ и подъемного $S_{\text{п}}$ усилий. Для снижения усилия $S_{\text{п}}$ в подъемных канатах и

простоты направления последних на барабан лебедки в передней части платформы установлена дополнительная стойка *I*.

Экскаватор с оборудованием драглайна (рис. 7.19, *г*) разрабатывает грунт ниже уровня своей стоянки и применяется для рытья котлованов, водоемов и траншей, а также для разработки различных выемок под водой. Сменное рабочее оборудование драглайна включает удлиненную решетчатую стрелу *1*, специальный ковш совкового типа *3* с подъемными и тяговыми цепями, стрелоподъемный полиспаст *7*, подъемный *2*, тяговый *5* и разгрузочный *4* канаты и механизм наводки (систему направляющих блоков) *6* тягового каната.

Работает драглайн следующим образом. В начале рабочего цикла ковш удерживается на подъемном канате у головы стрелы. Для копания ковш опускается на грунт (положение *I*) или предварительным натяжением и последующим отпуском тягового каната приводится в колебательное состояние, как маятник, относительно головы стрелы. Опускание в последнем случае проводится, когда ковш максимально отклонится от машины. Это позволяет вести разработку грунта на большем удалении от оси машины, чем в положении *I*. При опускании (падении) на грунт ковш касается выдвинутой вперед верхней частью (аркой) и с помощью управления тяговым и подъемным канатами переводится в исходное для копания грунта состояние (положение *II*).

Копание совершается натяжением тягового каната. Зубья ковша или его кромка при этом врезаются в грунт, и эффективность его работы будет зависеть от категории грунта, массы ковша *3*, угла наклона α забоя и степени натяжения подъемного каната. Обычно ковш заполняется грунтом, пройдя путь, равный $3...5$ его длинам.

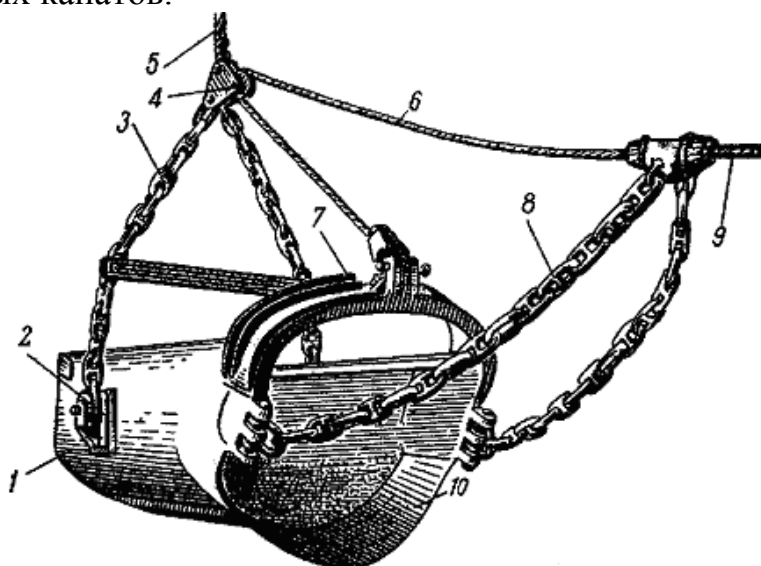
После заполнения грунтом ковш натяжением тягового и подъемного канатов подтягивается к стреле (положение *III*) и затем постепенным ослаблением тягового и натяжением подъемного канатов переводится к головным блокам. Это перемещение машинист совершает, как правило, одновременно с поворотом на выгрузку грунта из ковша. Для предупреждения выгрузки грунта из ковша в процессе его транспортирования ковш дополнительно соединяется с подъемным и тяговым канатами разгрузочным тросом *4*. Выгрузка грунта (положение *IV*) осуществляется ослаблением тягового каната при заторможенном подъемном. После разгрузки грунта ковш поворачивается в забой, и рассмотренный цикл работы машины повторяется.

Ковш драглайна (рис. 7.20, *а*) имеет днище с режущей передней кромкой, выполненной в виде дуги *10* или снабженной зубьями. Зубья направлены вперед и вниз. Две боковые стенки *1* и задняя стенка соединены между собой сваркой. В некоторых случаях при работе машины в обводненных грунтах или при углублении водоемов в хвостовой части ковша имеются отверстия. К проушинам передней части боковых стенок, соединенных аркой *7*, крепят тяговые цепи *8*, а к ним – тяговый канат *9*. К подъемному канату *5* ковш крепят подъемными цепями *3* при помощи подъемных проушин *2* и опрокидного блока *4*. При натяжении тягового каната *9* благодаря разгрузочному канату *6* ковш занимает горизонтальное положение, срезает грунт и, приближаясь к экскаватору, заполняется. Поднимаясь на канате *5* при натянутом канате *9*,

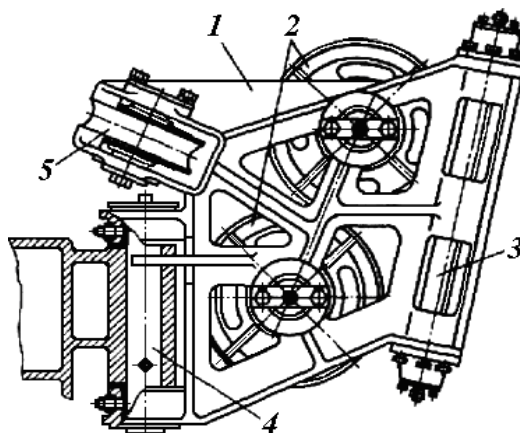
ковш остается в горизонтальном положении. При ослаблении тягового каната ковш наклоняется и опорожняется. Цепи по сравнению с канатами обладают большей гибкостью и износостойкостью.

Устройство для наводки тягового каната (рис. 7.20, б) на строительных экскаваторах имеет по два блока с осями в горизонтальном 2 и вертикальном 5 направлениях. Они установлены в одном литом корпусе 1, связанном с платформой с помощью вертикальной оси 4. В передней части корпуса перед блоками 2 установлены два вертикальных ролика 3.

Стрелы на драглайнах средней и большой мощности в настоящее время чаще выполняют трехгранными. Первые такие экскаваторы (ЭШ-14/65) использовались на строительстве Волго-Донского канала. В настоящее время такие и более мощные драглайны применяются на вскрышных работах. Каждая из граней представляет собой ферму. В плане такая стрела имеет вид треугольника. Поясные элементы нижней грани внизу заканчиваются пятами для присоединения стрелы к платформе. Раскосы ее здесь образуют окно для пропуска тяговых канатов.



а



б

Рис. 7.20. Ковш (а) и устройство для наводки тягового каната (б) драглайна

Грейферы обычно имеют экскаваторы малой и средней мощности с вместимостью ковша до 2 м³. Этот рабочий орган применяют для рытья

глубоких котлованов (колодцев) в малосвязных грунтах и для перегрузки сыпучих материалов (песка, щебня, гравия, угля и др.).

Рабочее оборудование грейфера (рис. 7.19, д) состоит из решетчатой стрелы 1 и двухчелюстного ковша 2, подвешенного к голове стрелы; на подъемном 5 и замыкающем 6 канатах. Челюсти шарнирно связаны в точке 3 и соединяются с подъемным канатом через тяги и траверсу 4. Когда ковш находится у головы стрелы при натянутых подъемном и замыкающем канатах, он закрыт и его челюсти сведены (сомкнуты) (положение III). Для заполнения ковша опускается на грунт на подъемном канате при ослабленном замыкающем. Раскрытие челюстей (положение I) происходит под действием их веса, т.к. центр тяжести находится около шарнира 3. Захват грунта челюстями осуществляется после натяжения замыкающего и ослабления подъемного канатов (положение II). Заполненный грунтом ковш поднимается на замыкающем канате. Подъемный канат при этом натягивается лишь настолько, чтобы не образовывалось его провисание. Разгрузка ковша (положение IV) осуществляется при вывешивании его на подъемном канате и одновременном ослаблении замыкающего.

Экскаватор с крановым оборудованием используют на различных монтажных и погрузочно-разгрузочных работах. В комплект кранового оборудования входят удлиненная решетчатая стрела, стрелоподъемный и грузовой полиспасты, крюковая подвеска или специальные устройства для захвата грузов.

Гидравлические экскаваторы. Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом представляют собой многомоторные полно- и неполноповоротные машины с жесткой подвеской рабочего оборудования, у которых для передачи мощности от двигателя к рабочим механизмам используется гидравлический объемный привод. По сравнению с механическими гидравлические экскаваторы имеют более широкую номенклатуру сменных рабочих органов, число которых постоянно растет, большее количество основных и вспомогательных движений рабочего оборудования, что значительно расширяет их технологические возможности и обеспечивает высокий уровень механизации земляных работ, особенно в стесненных условиях городской застройки.

Различают гидравлические экскаваторы с шарнирно-рычажным и телескопическим рабочим оборудованием, для удержания и приведения в действие которого используют жесткие связи – гидравлические цилиндры. Основными рабочими движениями шарнирно-рычажного оборудования являются изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти, телескопического – выдвижение и втягивание телескопической стрелы.

Гидравлические *полноповоротные* экскаваторы с *шарнирно-рычажным рабочим оборудованием* созданы на базе единых конструктивных схем, широкой унификации агрегатов и узлов. Они серийно выпускаются 3...6-й размерных групп. Привод сменного рабочего оборудования таких экскаваторов осуществляется от гидроцилиндров двустороннего действия, а поворот

платформы и передвижение машины – от индивидуальных гидромоторов. К основным видам сменного рабочего оборудования относятся прямая и обратная лопаты, грейфер и погрузчик.

В качестве сменных рабочих органов гидравлических экскаваторов при выполнении обычных земляных работ используют: ковши обратных и прямых лопат различной вместимости; ковши для дренажных работ и рытья узких траншей; ковши с зубьями и со сплошной режущей кромкой для планировочных и зачистных работ; двухчелюстные грейферы для рытья траншей и котлованов и погрузки крупнокусковых материалов и камней; погрузочные ковши большой вместимости; бульдозерные отвалы для засыпки ям, траншей и небольших котлованов; захваты для погрузки труб и бревен; крановую подвеску для различных грузоподъемных и монтажных работ; многозубые и однозубые рыхлители для рыхления мерзлых и плотных грунтов и взламывания асфальтовых покрытий; пневматические, гидравлические и гидропневматические молоты многоцелевого назначения со сменными рабочими инструментами для разрушения скальных и мерзлых грунтов, железобетонных конструкций, кирпичной кладки и фундаментов, дорожных покрытий, дробления негабаритов горных пород, трамбования грунтов, погружения свай и шпунта; бурами для бурения шпуров и скважин и т.п.

На гидравлических строительных экскаваторах наиболее широко используемым рабочим оборудованием является обратная лопата. Это объясняется, в основном, тем, что машина при этом виде оборудования может наиболее полно реализовать свои технические возможности в части мощности привода и усилий на рабочем органе. В процессе рабочего цикла гидравлический экскаватор разрабатывает грунт, перемещает его к месту выгрузки, выгружает, а рабочее оборудование возвращается в забой в исходное положение.

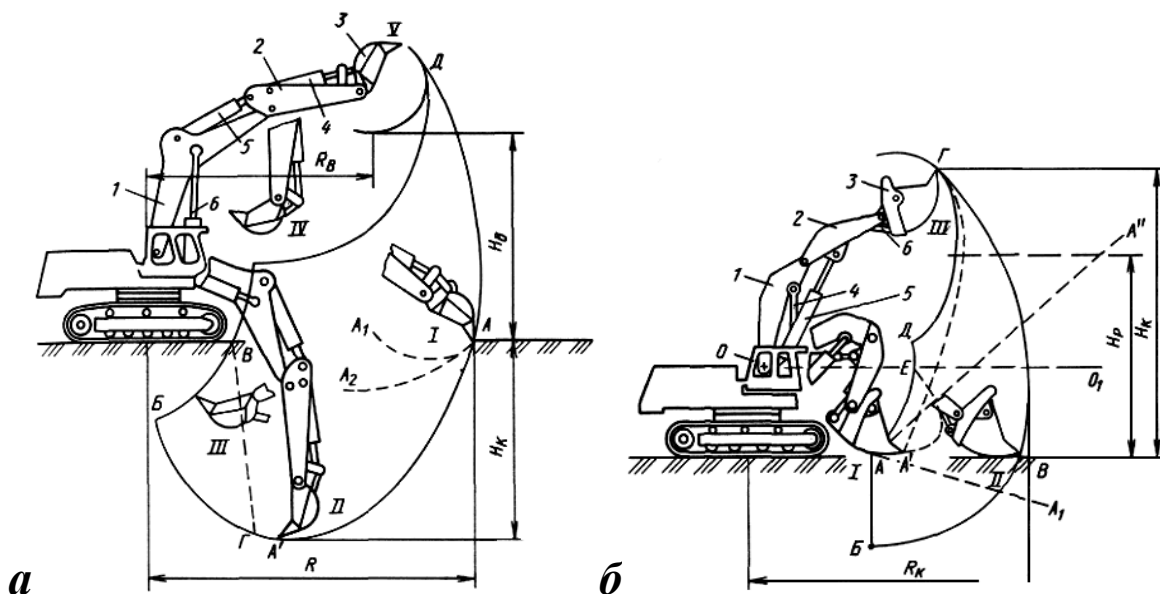
Экскаватор, оборудованный обратной лопатой (рис. 7.21, а), копает грунт движением ковша в сторону машины. Начинается копание обычно при наиболее удаленном от экскаватора положении *I* ковша на максимальном радиусе *R* копания. Для этого в зависимости от исходного положения оборудования, например, при нахождении его в положении *IV* вытягиваются штоки гидроцилиндров 6 стрелы, 5 рукояти и 4 ковша. При квалифицированном управлении машиной перевод ковша в положение *I* совмещается с поворотом в забой оборудования после выгрузки (из положения *II*).

Копание грунта на начальной стадии работы машины в забое может выполняться при повороте ковша 3 относительно рукояти 2, когда зубья перемещаются по траектории $A-A_1$ при повороте рукояти с ковшом относительно стрелы 1 (по траектории $A-A_2$) или при совмещении движений ковша и рукояти. По мере выработки грунта в забое начало копания (точка *A*) смещается вниз от уровня установки машины к точке *A'* (положение *II*). Здесь копание чаще выполняется поворотом рукояти с ковшом относительно стрелы и опусканием последней.

Копание в каждом из этих случаев продолжается до заполнения ковша грунтом. После этого рабочее оборудование переводится в положение *IV*, и платформа поворачивается на угол обычно $70...10^\circ$ для выгрузки грунта из ковша в отвал или в транспортные средства. Выгружается грунт после перевода оборудования в положение *V*. Разгрузив ковш, платформу поворачивают в обратном направлении в забой, и цикл работы машины повторяется.

Копание с одной стоянки машины в забое заканчивается после выработки в нем грунта на глубину H_k – в границах области *АГВА*, определяемой частью зоны возможного перемещения зубьев ковша ниже уровня площадки, на которой находится экскаватор. Полная зона, называемая зоной досягаемости ковша, значительно больше области *АГВА*. При нижнем копании зубья ковша могут находиться и в области *ГБВГ* (положение *III*). Однако здесь копание не производится ввиду невозможности наблюдения за ковшом из кабины машины.

Выше площадки, где установлена машина, зону досягаемости дополняет область *АДВА*. Однако разработка грунта здесь и в области *АГВА* одновременно возможна только в забоях с малым объемом земляных работ. При значительном объеме, выполнение второго связано с передвижениями машины, грунт может разрабатываться только раздельно, так как после выработки грунта в верхней области машина должна передвинуться в сторону забоя, а при выработке в нижней области – в обратную сторону.



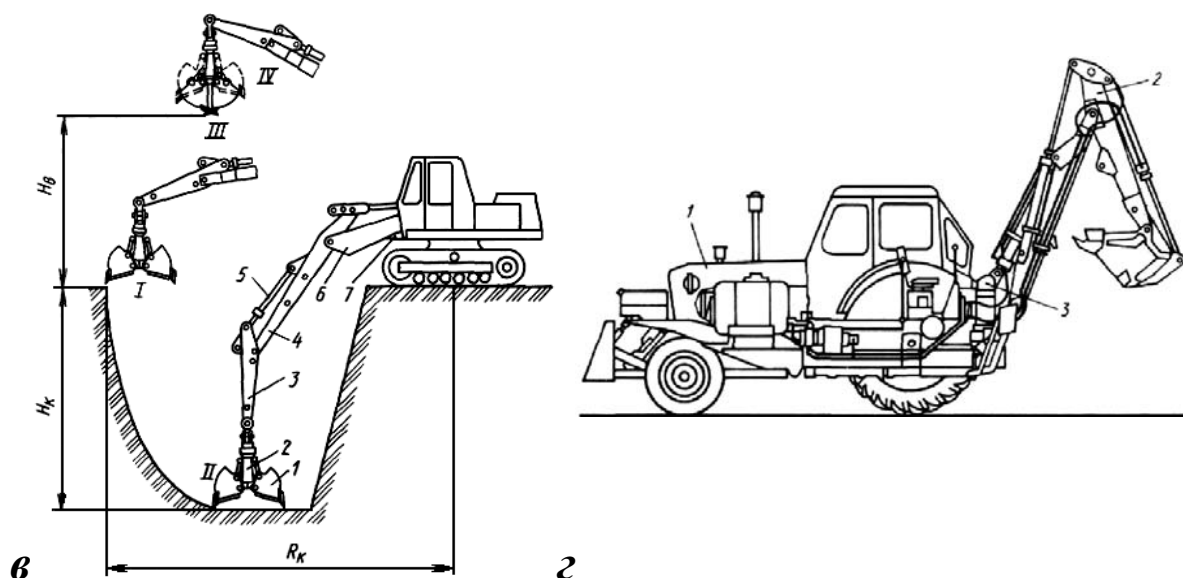


Рис. 7.21. Экскаваторы с гидроприводом:

а – обратная лопата; *б* – прямая лопата; *в* – грейфер; *г* – обратная лопата на базе трактора «Беларусь»: 1 – базовая машина; 2 – рабочее оборудование экскаватора; 3 – поворотное устройство

Знание полной зоны досягаемости ковша важно при установке на обратной лопате вместо ковша других видов рабочих органов, например, грейфера, рыхлителя, гидромолота. После выработки грунта в пределах зоны досягаемости ковша экскаватор при нижнем копании отодвигается на 1,5...2 м от забоя, и рабочий процесс продолжается.

Экскаватор, оборудованный прямой лопатой (рис. 7.21, б), копает выше уровня стоянки машины. Начинается копание тогда, когда ковш находится вблизи от машины, например, гусениц (положение *I*). Для перевода ковша, например из положения *III*, стрела 1 и рукоять 2 с ковшом 3 поворачиваются по часовой стрелке. Это достигается втягиванием штоков гидроцилиндров 4 стрелы и 5 рукояти. Отдельно эту операцию практически не проводят. Опытный машинист, как правило, выполняет ее в процессе поворота машины в забой.

Процесс копания на начальной стадии образования и разработки забоя может осуществляться перемещением зубьев ковша по траектории $A-A_1$. После образования забоя площадка, на которой установлена машина, располагается горизонтально. С одной установки на этой площадке экскаватор может разрабатывать грунт в пределах зоны $ABГДЕA$ досягаемости ковша. Это он осуществляет за несколько рабочих циклов.

Анализируя конфигурацию зоны досягаемости, видно, что по мере разработки забоя наблюдается ускоренное образование навеса грунта в нем. На максимальном радиусе копания навес не образуется только ниже горизонтали $O-O_1$ проведенной через ось пяты стрелы. При разработке связного грунта в пределах всей высоты H_k подъема ковша (точка *Г*) размер навеса достигает примерно, $0,3H_k$. Сбить этот навес экскаватор, не передвинувшись, не может, так как все траектории зубьев ковша сходятся в одной точке *Г*. Оставлять навес по условиям техники безопасности так нельзя. Учитывая это, обычно реальную высоту забоя принимают равной около $0,7H_k$,

В течение рабочего цикла процесс копания ведется различно. Наиболее часто при работе в связном грунте копание осуществляется по так называемой традиционной схеме. В этом случае зубья ковша первоначально перемещаются по траектории $A - A'$ на толщину стружки, а затем ковш идет вверх по траектории $A' - Г$. Заглубление ковша в грунт и снятие им стружки нужной толщины при этом достигается выдвиганием и втягиванием штоков гидроцилиндров 5 рукояти и 4 стрелы. Немаловажное значение при этом имеет и поворот ковша относительно рукояти, осуществляемый с помощью гидроцилиндра 6. Поворот ковша позволяет существенно менять угол резания и снижать сопротивление копанию.

При разрыхленном грунте в забое последний перед машиной имеет пологий откос (по траектории $A - A''$). В этом случае копание выполняется по схеме, близкой к имеющейся у погрузчика при его работе. Ковш значительно, примерно на $2/3$ высоты его передней стенки, заглубляется в грунт, затем поворачивается влево относительно рукояти и идет вверх по траектории $AA' - E$. Это достигается на первой стадии втягиванием штоков гидроцилиндров 4 стрелы и 6 ковша и выдвиганием штока рукояти 5, а затем на второй стадии выдвиганием штоков гидроцилиндров 4 и 6. После заполнения ковша грунтом последний подтягивается к машине, примерно, на глубину его заглубления в грунт при копании, и рабочее оборудование переводится в положение *III*. Последнюю операцию опытный машинист чаще совмещает с операцией поворота ковша на выгрузку. В конце поворота ковш обычно останавливается и разгружается. После этого машина совершает обратный поворот рабочего оборудования в забой, и цикл работы в забое повторяется.

При оснащении экскаватора специальным погрузочным оборудованием, применяемым при работе в хорошо разрыхленном грунте, процесс заполнения ковша в основном ведется на уровне стоянки машины.

Грейферное оборудование на гидравлических экскаваторах имеет жесткую связь с рукоятью и позволяет разрабатывать грунт при дополнительном нагружении ковша частью массы машины. Это позволяет наиболее эффективно осуществлять копание грунта.

Процесс разработки грунта начинается на уровне площадки стоянки машины (рис. 7.21, в). Для начала копания ковш при раскрытых челюстях *I* опускается на грунт (положение *I*). Копание завершается закрытием челюстей. Это на машинах выполняется по-разному. На экскаваторах третьей размерной группы челюсти закрываются выдвиганием штоков цилиндров 2. Однако в большинстве случаев это выполняется перемещением ползуна 8 тяг вверх относительно головки челюстей ковша. После заполнения ковша грунтом челюсти закрываются и ковш переводится в положение *III*. В дальнейшем следует поворот платформы на выгрузку грунта из ковша, разгрузка (положение *IV*) и обратный поворот ковша в забой. В положении *IV* челюсти открываются, и происходит разгрузка грунта.

По мере углубления забоя ковш опускается вниз (положение *II*) поворотом стрелы 6 влево, достигаемым втягиванием штока гидроцилиндра 7, а

также поворотом рукояти 4 относительно стрелы посредством гидроцилиндра 5 и наращиванием удлинителя 3 грейфера.

При выполнении работ малых объемов, например, ремонте трубопроводов, эффективно применение маневренных гидравлических экскаваторов, снабженных бульдозерным оборудованием (рис. 7.21, з).

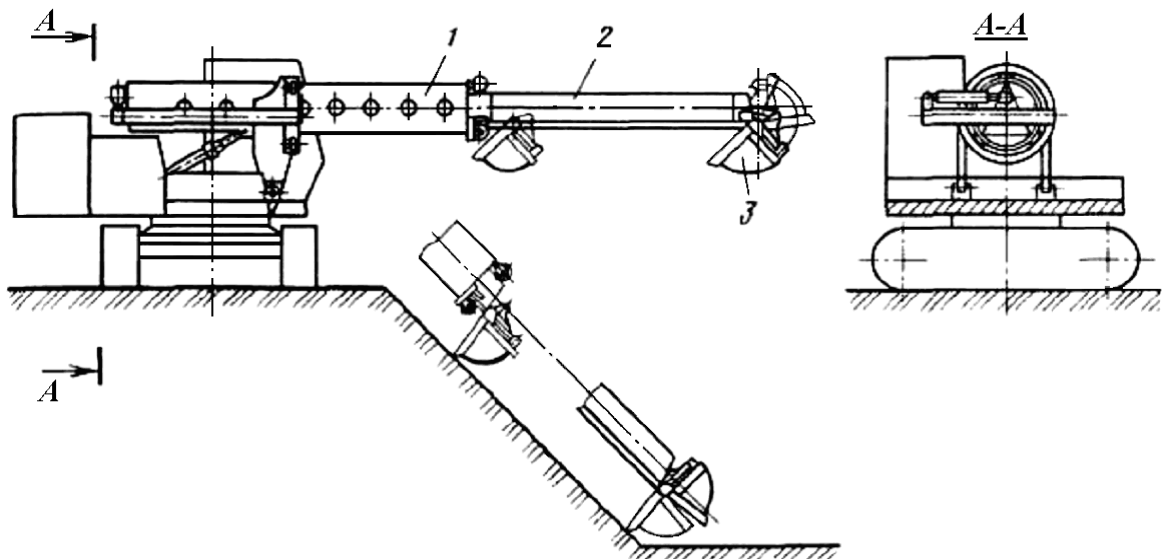


Рис. 7.22. Экскаватор-планировщик:
1, 2 – телескопическая стрела; 3 – рабочий орган

Экскаватор-планировщик с телескопической стрелой (рис. 7.22) эффективно может работать при планировке и зачистке наклонных, обычно до 45° , поверхностей сооружений, расположенных ниже уровня стоянки машины и имеющих большую протяженность и ширину до 12 м, например, при сооружении откосов у дорог, каналов и т.п. В этом случае машину ставят наверху у бровки сооружения с возможностью передвижения вдоль него. Стрела размещается параллельно откосу, и рабочий орган совершает возвратно-поступательные движения вдоль нее. В качестве рабочего органа для этих работ используют уширенный ковш без зубьев. По мере достижения ковшом рабочих отметок стрела приподнимается, и экскаватор передвигается вдоль бровки на расстояние, равное ширине ковша. При разработке грунта на слегка наклонных и горизонтальных участках местности, а также при сооружении траншей различной ширины планировщик ведет работы в обычном экскаваторном режиме; движение рабочего органа вдоль стрелы совмещается с изменением угла наклона стрелы, как у экскаватора с обратной лопатой. При обработке боковых стенок траншеи ковшу сообщается соответствующий поворот относительно продольной оси стрелы.

7.4.2. Экскаваторы непрерывного действия

Многоковшовые экскаваторы применяют для рытья продольных выемок (траншей), канав и профилирования их откосов на грунтах до III или IV категории включительно. Специализированные многоковшовые экскаваторы применяют для добычи полезных ископаемых или удаления пустой породы при вскрышных работах. При разработке грунта, имеющего каменные включения, нормальная работа экскаватора возможна, если размеры твердых включений в грунте не превышают 0,25 ширины ковша. Многоковшовые цепные

экскаваторы, разрабатывая грунт и убирая его, оставляют поверхность забоя ровной, не требующей зачистки; поэтому их часто используют для окончательной отделки откосов крупных насыпей или выемок, например откосов судоходного канала.

Многоковшовые экскаваторы можно классифицировать по следующим основным признакам:

1. по конструкции рабочего оборудования: цепные и роторные;
2. по способу разработки грунта: экскаваторы продольного копания, у которых цепь или ротор движутся в плоскости движения машины; к этой категории относятся траншейные экскаваторы; экскаваторы поперечного копания (карьерные), у которых цепь или ротор с ковшами движутся в плоскости, перпендикулярной направлению движения машины;
3. по типу привода: с двигателем внутреннего сгорания и механической трансмиссией; с электродвигателями, питаемыми от сети; с дизель-электрической силовой установкой и многомоторным электрическим приводом механизмов;
4. по размерам: траншейные экскаваторы различают по глубине траншеи, карьерные цепные – по емкости ковшей и роторные – по часовой производительности;
5. по типу ходового оборудования: на гусеничном, пневмоколесном и рельсоколесном ходу.

Траншейные цепные экскаваторы применяют для рытья траншей под кабели, канализационные трубопроводы, линии связи и др., глубиной до 6 м и шириной до 2 м. Траншейные роторные экскаваторы получили широкое применение для рытья траншей под газо- и нефтепроводы глубиной до 2,5 м и шириной до 2,6 м.

Цепные траншейные экскаваторы применяются с наклонной (рис. 7.23, а) или вертикальной ковшовой рамой. Наклонная ковшовая рама опирается своими роликами на верхние полки направляющей рамы. Цепи с ковшами огибают поддерживающие ролики, натяжные колеса и ведущие звездочки. Подъем и опускание ковшовой рамы производится лебедкой и канатно-блочной системой. Работа траншейного экскаватора с наклонной рамой начинается с опускания ее на поверхность грунта и постепенного заглубления ковшей. Ковши срезают слой грунта и наполняются; при опрокидывании ковшей, огибающих верхнюю звездочку, грунт из ковшей высыпается в лоток; с лотка грунт ссыпается на поперечный транспортер, выдающий грунт в отвал вдоль траншеи. Скорость движения ковшовой цепи и скорость движения машины должны быть так соразмерны с емкостью ковша и глубиной забоя, чтобы ковш за время прохождения его от дна до верхней кромки траншеи успевал наполниться. Если экскаватор будет продвигаться слишком быстро или ковшовая цепь будет двигаться медленнее, чем это требуется, то ковши будут переполняться. При обратном соотношении скоростей машины и ковшовой цепи будет недостаточное наполнение ковша. Траншейный экскаватор с вертикальной ковшовой рамой поднимает и опускает раму с помощью цепи и подъемного механизма. Сзади ковшовой цепи установлен зачистной башмак.

Транспортер небольшой длины установлен внутри ковшовой рамы. Ковши разгружаются вперед по ходу цепи на транспортер. Привод ковшовой цепи имеет промежуточный редуктор, двойную цепную передачу и редуктор.

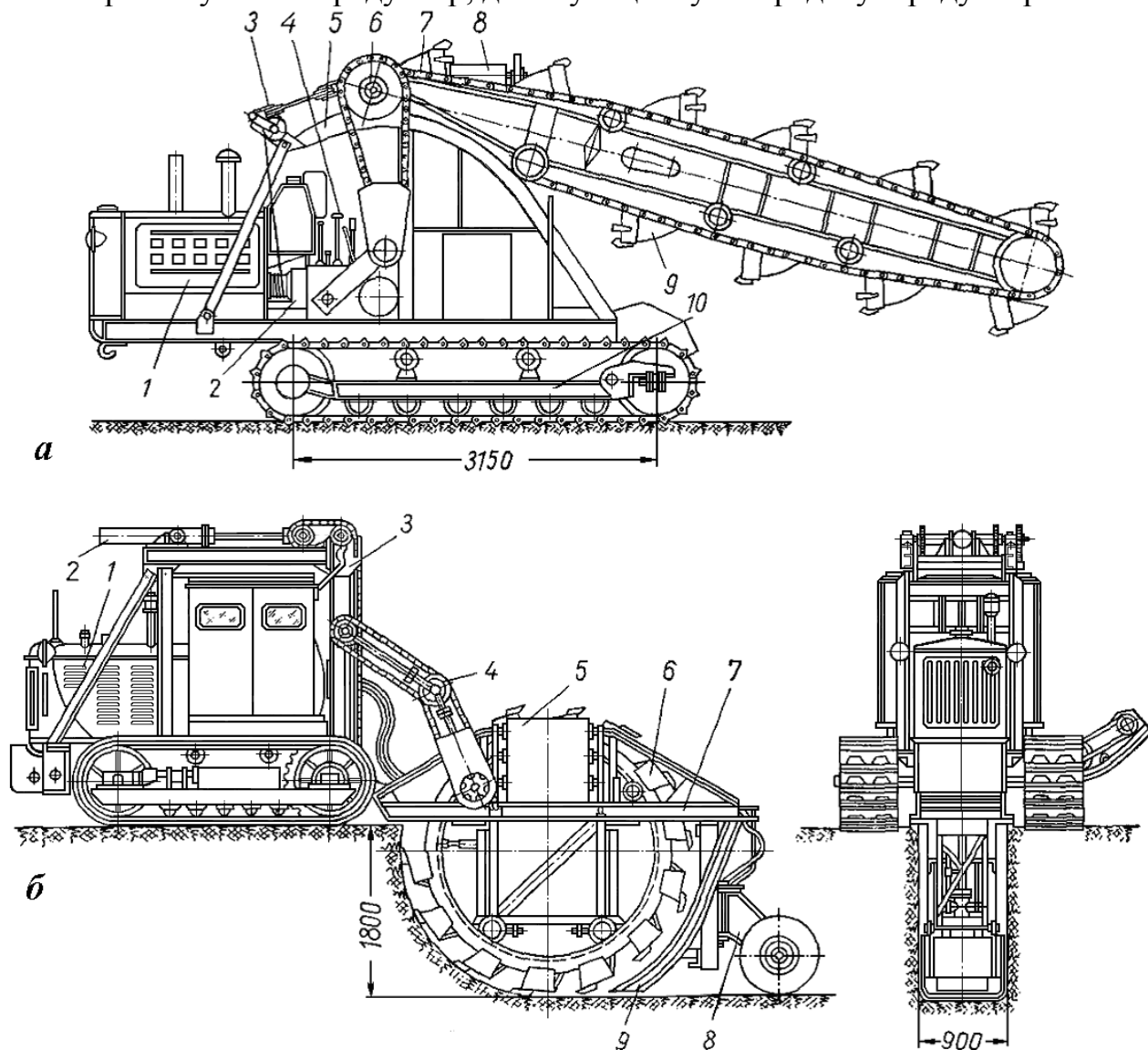


Рис. 7.23. Траншейные экскаваторы:

а – цепной; 1 – двигатель; 2 – коробка передач; 3 – механизм подъема наклонной рамы; 4 – рычаги управления; 5 – поддерживающая рама; 6 – вал цепной передачи; 7 – ковшовая цепь; 8 – поперечный транспортер; 9 – ковш; 10 – гусеничный ход; *б* – роторный: 1 – двигатель; 2 и 3 – механизм подъема основной рамы с ротором; 4 – приводная цепь; 5 – поперечный транспортер; 6 – ковш ротора; 7 – основная рама; 8 – опорная тележка; 9 – зачистной нож

Роторные траншейные экскаваторы обеспечивают копание траншей в грунтах до IV категории включительно и при глубине промерзания верхнего слоя грунта до 0,7 м, в то время как область применения цепных траншейных экскаваторов ограничена грунтами III категории.

Роторный траншейный экскаватор (рис. 7.23, *б*) состоит из тягача, рабочего органа в виде ротора с ковшами и транспортера. Резание грунта и подъем его из траншеи производятся ковшами ротора; из ковшей грунт пересыпается на короткий поперечный ленточный транспортер, который выдает грунт в отвал или в транспортные средства. Роторный экскаватор создает траншею прямоугольного сечения с вертикальными стенками. Для

получения трапецеидального сечения траншеи ее стенки срезают двумя боковыми наклонными фрезами. В некоторых конструкциях для этой цели делают качающийся ротор. Производительность роторного траншейного экскаватора (при тех же размерах траншеи) в 2 раза больше производительности цепного и в 5...6 раз больше одноковшового.

Роторный дизель-электрический экскаватор с индивидуальными электродвигателями для отдельных механизмов копает траншеи глубиной до 2,2 и шириной 1,2 и 1,45 м при расчетной производительности до 500 м³/ч. Вес такой машины 25 т, мощность двигателя 150 л.с. Универсальный экскаватор роторного типа при ширине ротора 1,2 м может копать траншею шириной от 1,2 до 2,6 м. Особенностью этого экскаватора является наличие гидравлического устройства, автоматически осуществляющего переменное движение передней части рамы с ротором в горизонтальной плоскости, в стороны от оси копания на заданную величину.

Роторные траншейные экскаваторы более изнosoустойчивы, чем цепные, так как у них отсутствует быстро изнашивающаяся ковшовая цепь, и они более производительны, но могут копать траншеи глубиной только до 2,5 м, так как при большей глубине траншеи требуется ротор очень больших размеров.

На рис. 7.24, а показан многоковшовый цепной карьерный экскаватор – планировщик поперечного копания. Такие экскаваторы работают при малой толщине срезаемой стружки на грунтах без каменистых включений. Этим значительно ограничивается область их применения в строительстве. Экскаватор поперечного копания движется по рельсам вдоль забоя, срезая ковшами вдоль откоса тонкую стружку. Экскаватор может копать выше или ниже уровня площадки, по которой он передвигается. Экскаваторы поперечного копания могут выдавать грунт через бункер в транспортные средства или с помощью отвального транспортера выдавать грунт в отвал, идущий параллельно обрабатываемому откосу на некотором расстоянии от него.

На рис. 7.24, б показан карьерный роторный экскаватор. Привод основных механизмов – ротора с ковшами, ленточных транспортеров, лебедок, механизма поворота платформы экскаватора и гусеничного хода – осуществляется электродвигателями переменного тока, питаемыми от сети. Средняя потребляемая мощность 500 кВт. Ротор имеет восемь ковшей емкостью по 350 л; диаметр ротора 6 м. Производительность машины 500 м³/ч, вес 400 т. Рабочие размеры машины: радиус копания 24 м, высота копания 20 м, глубина копания 3 м. Машина имеет автоматическое управление приводом поворота. Экскаватор может работать с отвалообразователем.

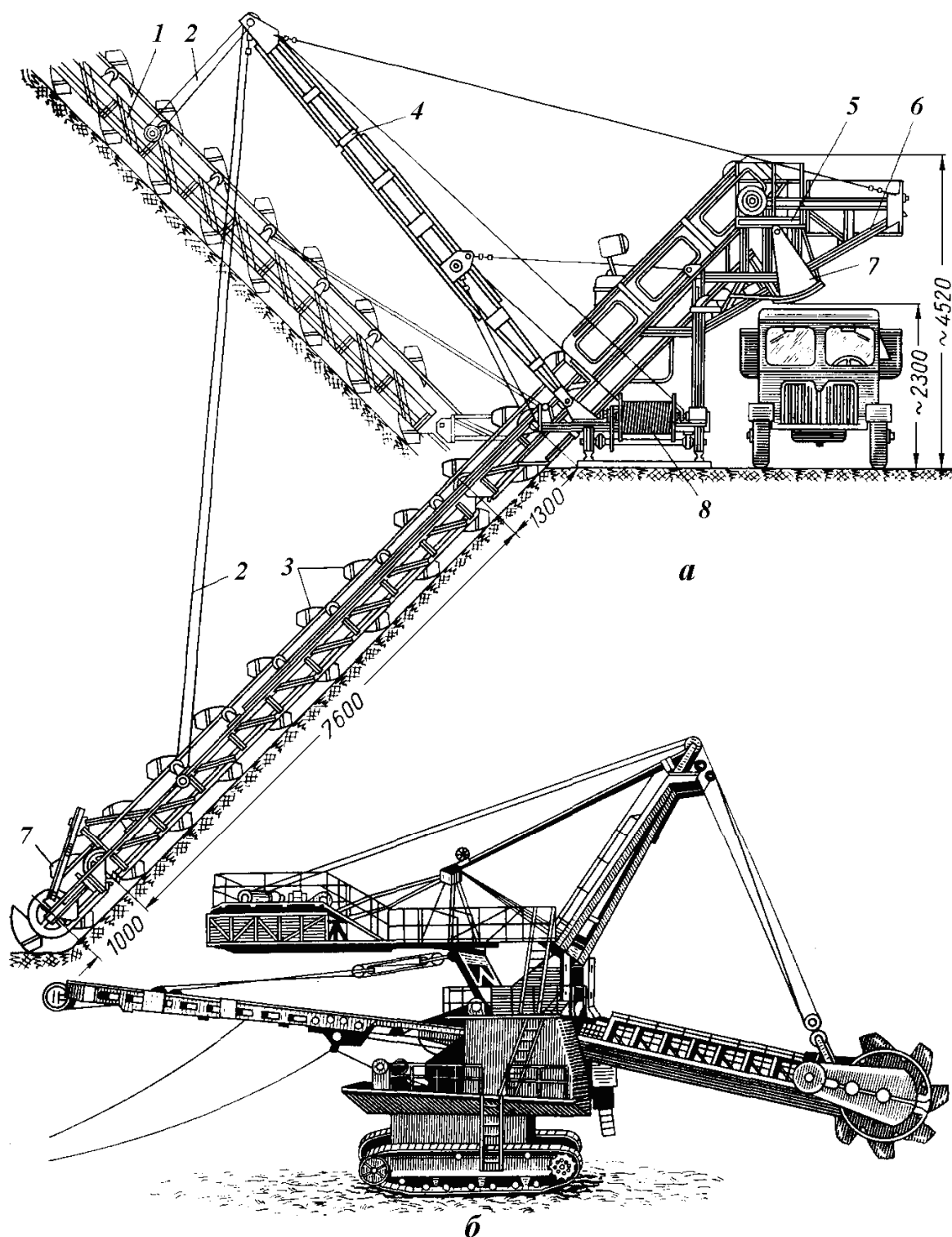


Рис. 7.24. Многоковшовые экскаваторы поперечного копания:

a – цепной; *б* – роторный; 1 – планирующее звено; 2 – подвеска; 3 – ковшовая цепь; 4 – стрела; 5 – сыпной лоток; 6 – противовес; 7 – затвор; 8 – лебедка

Для рытья оросительных каналов созданы специализированные экскаваторы – каналокопатели. Для каналов глубиной до 1,2 м, шириной по верху – 2...4,4 м, с заложением откосов 1:1...1:1,5 наиболее эффективно использовать экскаваторы ЭТР-122 (рис. 7.25).

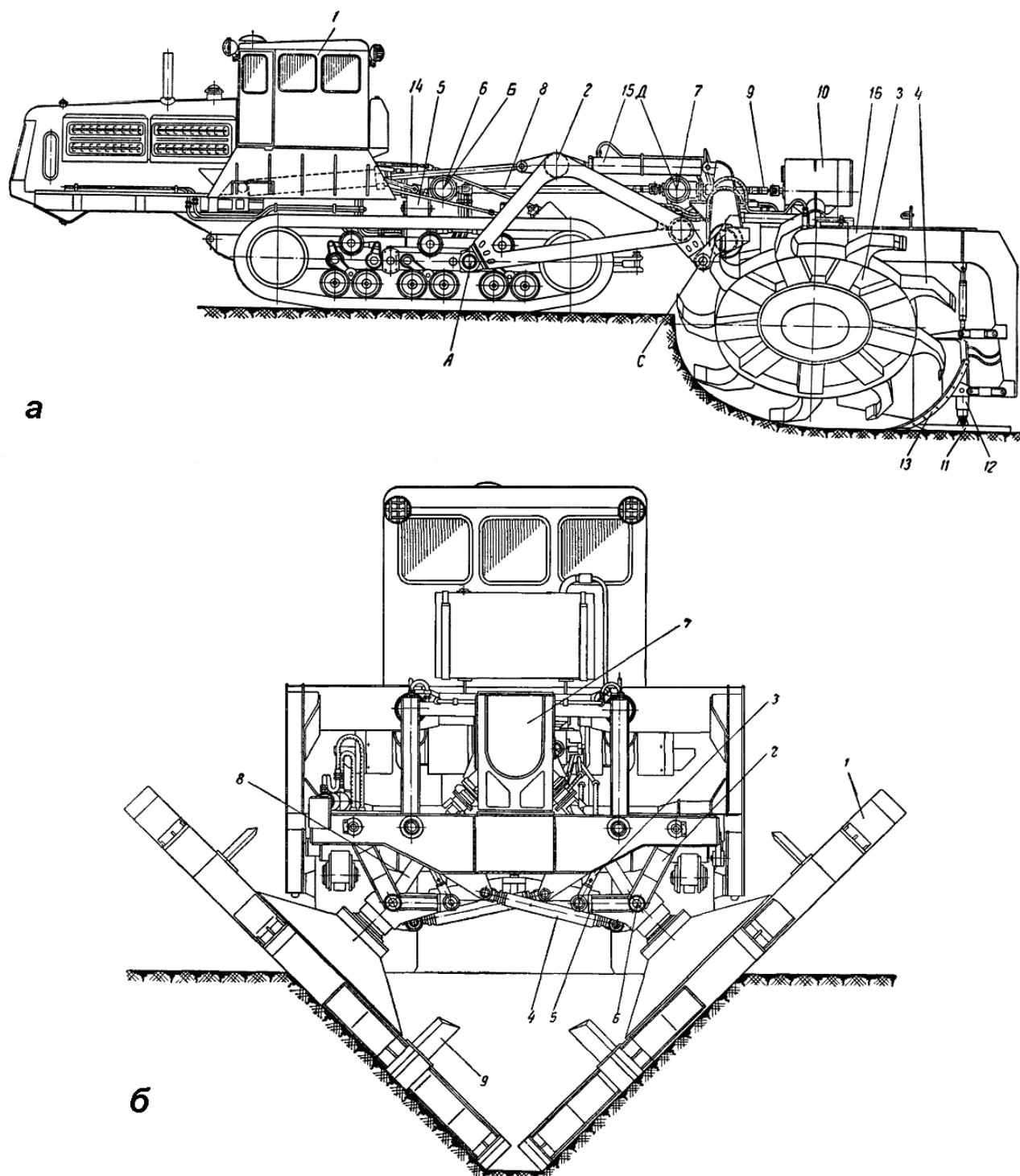


Рис. 7.25. Экскаватор ЭТР-122:

а – рабочее положение; *б* – поперечный разрез

Базой машины служит трактор Т-180 в специальном исполнении с выдвинутым вперед двигателем и кабиной. К задней части рамы трактора 1 при помощи навесной системы 2 присоединен рабочий орган с двумя наклонными роторами 3 (рис. 7.25, *а*). При поступательном движении машины роторы 3 вырезают грунт по профилю канала. Средняя часть сечения канала, подрезанная роторами, разрушается торцевыми ножами. Лапы 4 роторов выносят грунт на поверхность.

Привод роторов осуществляется от вала отбора мощности трактора через редуктор 5, поворотные конические редукторы 6 и 7, карданные валы 8 и 9 и

раздаточный редуктор 10. Рабочий орган опирается на дно отрываемого канала при помощи лыжи 11 с гидроцилиндром 12. Зачистка дна траншеи осуществляется ножом 13. Рабочий орган в процессе движения заглубляется и выглубляется с помощью гидроцилиндра 12, воздействующую на опорную лыжу.

Рабочий орган в транспортное положение поднимается гидроцилиндром 14. Плоско-параллельное перемещение рабочего органа осуществляется при помощи дополнительного гидроцилиндра 15, автоматически удерживающего раму 16 рабочего органа в горизонтальном положении параллелограммной системой с шарнирами А, Б, С, Д, в которой между шарнирами Б и Д установлена штанга с золотником. При удлинении или укорочении этого звена во время подъема рабочего органа золотник включает соответствующую полость гидроцилиндра 15; при этом восстанавливается параллельность сторон параллелограмма и обеспечивается горизонтальность положения рамы рабочего органа.

Роторы 1 (рис. 7.25, б) подвешены к раме машины при помощи четырехзвенников с качающимися серьгами 2 и 3, наклон которых регулируется винтовыми стяжками 4. При удлинении стяжек 4 роторы раздвигаются, сохраняя положение параллельное первоначальному, и увеличивается ширина отрываемого канала, а при укорочении стяжек ширина канала уменьшается. Хвостовик 5 ротора соединен с параллелограммной подвеской винтовой стяжкой. При изменении длины стяжки ротор поворачивается относительно шарнира 6, благодаря чему обеспечивается требуемое заложение откосов. Привод ротора от раздаточного редуктора 7 осуществляется телескопическими карданными валами 8. При изменении положения ротора изменяются углы наклона и длина карданных валов 8. Целик грунта, остающийся после прохода роторов, равномерно разрушается торцевыми ножами 9.

Для строительства крупных каналов глубиной до 10 м, шириной по верху до 100 м, с заложением откосов 1:2...1:3 используются роторные экскаваторы с ротором, установленном на стреле, аналогично изображенному на рис. 7.24, б, но только с гидроприводом, обеспечивающим необходимую плавность и скорость маневрирования рабочего оборудования.

Производительность многоковшовых экскаваторов определяется по формуле

$$Q = 60qnk_n k_v / 1000k_p \text{ м}^3/\text{ч},$$

где q – емкость ковша в л; n – число разгрузок ковшей в минуту; k_n , k_v , k_p – коэффициенты наполнения ковшей, использования машины во времени, разрыхления.

7.5. Машины для разработки мерзлых и прочных грунтов, для разрушения твердых покрытий и строительных конструкций

Мерзлые грунты по сравнению с немерзлыми (талыми) характеризуются значительно большим сопротивлением разрушению (в 15...20 раз) и абразивностью (в 100...150 раз), трудоемкостью и стоимостью разработки. Производительность землеройных и землеройно-транспортных машин при разработке мерзлых грунтов резко снижается.

При небольших объемах работ, например при выполнении ремонтов, применяют оттаивание, которое может выполняться различными способами, например с использованием твердого, жидкого или газообразного топлива; с применением горизонтальных ТЭНов, отражательных электропечей, электротепляков и т.п. Далее разработка грунта выполняется традиционными способами.

В современном строительстве разработку мерзлых грунтов ведут в основном двумя способами – взрывным и механическим. Взрывной способ рыхления мерзлых грунтов применяется обычно при больших объемах работ на открытых, удаленных от сооружений площадках при глубине промерзания более 1 м. В последнее время взрывной способ находит применение в стесненных городских условиях с использованием локализаторов взрыва, не допускающих разлета кусков грунта и повреждения сооружений.

Преимущественное распространение (более 80% общего объема работ с прочными и мерзлыми грунтами, а также снятия твердых покрытий) получил высокоэффективный и универсальный механический способ разработки мерзлых грунтов с использованием специальных машин, условно подразделяемых на две группы: машины для подготовки (предварительного рыхления, нарезания на блоки) мерзлых грунтов и последующей окончательной разработки взаимодействующими с ними в комплексе землеройными машинами общего назначения; машины, самостоятельно выполняющие весь комплекс разработки до заданной отметки и эвакуации мерзлого грунта из забоя. К первой группе относятся навесные рыхлители (см. рис. 7.4) на тракторах класса 10...50, машины ударного действия для рыхления грунта ударными импульсами, машины безударного действия для отрыва грунта от массива, баровые и дискофрезерные машины для нарезания щелей в мерзлых грунтах; ко второй – землеройно-фрезерные машины и траншейные цепные и роторные экскаваторы, рабочие органы и скоростные режимы которых приспособлены для послойной разработки мерзлых грунтов с промерзанием на всю глубину траншеи. Твердые дорожные покрытия и грунты при относительно неглубоком промерзании (до 1 м) можно эффективно взламывать рыхлителями, установленными на мощных гусеничных тракторах, но отечественная промышленность их пока не выпускает.

Машины ударного действия воздействуют на разрушаемую среду (мерзлый грунт, твердое дорожное покрытие, фундамент и т.п.) ударными импульсами свободно падающих или забиваемых рабочих органов. Самым распространенным видом свободно падающих рабочих органов являются клин-молоты конусообразной, пирамидальной и клиновидной форм массой 0,5...4 т.

Клин-молот 3 (рис. 7.26, а) подвешивается к подъемному канату 2 грузовой фрикционной лебедки стрелового самоходного крана или одноковшового механического экскаватора с крановой стрелой 1 и при работе подтягивается лебедкой к оголовку стрелы и сбрасывается с высоты 6...8 м. Свободно падающий клин-молот наносит ненаправленные удары, что приводит к высоким затратам энергии на разрушение грунта, снижает качество работ и способствует опасному интенсивному разлету кусков грунта в стороны.

Клин-молот может быть помещен в жесткие направляющие 5 (рис. 7.26, б) и при сбрасывании попадает в точно заданное место, что позволяет разрушать грунт наименее энергоемким методом крупного скола и уменьшить опасность разлета осколков. Клин-молот с направляющим устройством обычно монтируется на гусеничном или пневмоколесном тракторе, на котором устанавливается подъемная зубчато-фрикционная лебедка с приводом от коробки отбора мощности трактора. Направляющее устройство соединяется с базовой машиной упругими амортизирующими элементами 4, что снижает воздействие динамических нагрузок на трактор при работе. Оборудование с забиваемым рабочим органом разрабатывает мерзлые грунты большой прочности с глубиной промерзания 1...1,5 м наиболее эффективным методом крупного скола. Забивание рабочего органа в грунт может осуществляться: свободно падающим грузом б (рис. 7.26, в), подвешенным на канате подъемной лебедки базовой машины и движущимся относительно направляющей 5; дизель-молотами, вибромолотами; гидравлическими, пневматическими гидропневматическими молотами, используемыми в качестве сменного рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов (рис. 7.17, о, 7.27). Гидро- и пневмомолоты в настоящее время являются самым распространенным и эффективным оборудованием для разрушения мерзлых грунтов ударной нагрузкой.

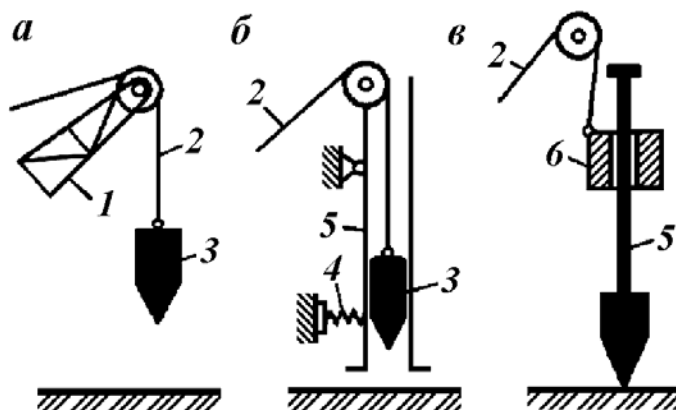


Рис. 7.26. Схемы рабочих органов ударного действия:

а – с ненаправленными ударами; *б* – с направленными ударами; *в* – с забиваемым клином

Гидравлические молоты навешиваются на экскаваторы 2...5-й размерных групп вместо ковша обратной лопаты и соединяются с рукоятью посредством быстросъемного крепления. Экскаватор, оборудованный гидромолотом с рабочим инструментом в виде клина, пики и трамбовки, можно применять при рыхлении мерзлого грунта, дроблении негабаритов твердых и горных пород, взламывании мерзлого грунта и дорожных покрытий, кирпичных и бетонных фундаментов и других работах, а также для уплотнения грунта. При разработке грунта можно изменять угол наклона гидромолота к поверхности грунта. В комплект оборудования гидромолота (рис. 7.27) входят: стрела 1, рукоять 4, гидромолот 5 и гидроцилиндры 2, 3, 6 подъема стрелы, поворота рукояти и молота. Гидромолоты приводятся в действие от насосов гидросистемы базового экскаватора, что обеспечивает лучшее использование установленной мощности и снижение эксплуатационных затрат. Гидромолоты

создают значительные импульсы силы направленного действия и обеспечивают наименьшую энергоемкость процесса разработки мерзлых грунтов и разрушения твердых покрытий.

Различают гидромолоты *простого* и *двойного действия*. В гидромолотах двойного действия подъем ударной части (холостой ход) осуществляется под давлением рабочей жидкости, а разгон ее вниз при рабочем ходе – под действием собственного веса и энергии рабочей жидкости или сжатого газа, накопленной во время холостого хода в гидравлическом или пневматическом аккумуляторе. Молоты с пневмоаккумулятором называют также гидропневматическими.

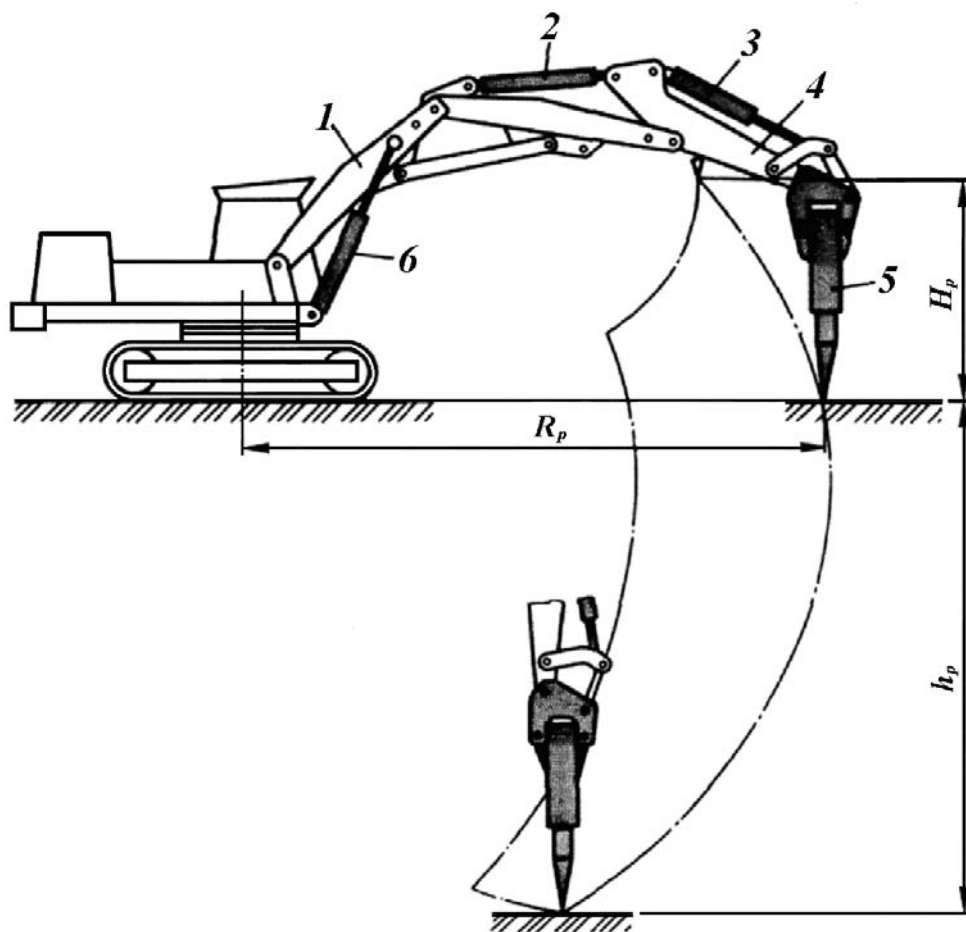


Рис. 7.27. Рабочее оборудование гидромолота на экскаваторе

Молоты с гидроаккумулятором просты в управлении и обслуживании, имеют довольно высокий к.п.д. (0,55...0,65). Они издадут при работе слабый шум, поэтому их можно использовать в густонаселенных местах. Гидравлические молоты развивают энергию удара 1800...9000 Дж, имеют частоту ударов 2,2...5 Гц, массу ударной части 100...600 кг, рабочее давление в гидросистеме 10...16 МПа.

У гидропневматических молотов давление рабочей жидкости воздействует на боек при рабочем и холостом ходах. Одновременное воздействие на боек давления жидкости и энергии газа аккумулятора при рабочем ходе позволяет повысить коэффициент использования мощности насосной установки, снизить пульсацию давления рабочей жидкости, улучшить технико-эксплуатационные показатели молотов.

Гидромолоты могут быть использованы по двум технологическим схемам: 1) экскаватор с молотом работает непрерывно, а выемка грунта осуществляется другим экскаватором; 2) экскаватор с молотом выполняет заданную часть работы, а затем производится замена молота ковшом. При работе с молотами стрела экскаватора устанавливается в плавающее положение, что обеспечивает полную виброизоляцию рабочего места машиниста. Молоты комплектуются легко сменяемыми рыхлительными, дробящими, сваебойными, трамбуемыми инструментами и запускаются в работу автоматически при опирании с определенным усилием рабочего инструмента на разрушаемый (забиваемый) объект. Гидропневматические молоты развивают энергию удара 500...9000 Дж, имеют частоту ударов 3,5...12 Гц. Давление зарядки газового аккумулятора 0,6...1,2 МПа, рабочее давление в гидросистеме 10...16 МПа.

При работе машин ударного действия возникают динамические нагрузки, вредно воздействующие как на базовую машину, так и на расположенные поблизости сооружения и коммуникации.

В стесненных условиях сложившейся застройки при работе вблизи зданий и подземных коммуникаций широко применяют гидравлические экскаваторы с рыхлительным и захватноклещевым рабочим оборудованием, которое разрушает мерзлый грунт безударным методом отрыва его от массива. Для разрушения больших объемов мерзлого грунта (например при прокладке линейных коммуникаций открытым способом) используют высокопроизводительные землерезные и землеройно-фрезерные машины.

Оборудование захватно-клевещевого типа навешивается на гусеничные гидравлические экскаваторы 4-й и 5-й размерных групп и предназначено для рыхления мерзлых грунтов, взламывания асфальтобетонных дорожных покрытий, разборки старых зданий, снятия и укладки дорожных плит, труб, установки колодцев, погрузки негабаритов и т.п. Это оборудование, выпускаемое в двух исполнениях (с одно- и трехзубым рыхлителем-захватом), устанавливают вместо ковша и рукояти обратной лопаты. Зубья одно- и трехзубых рыхлителей наплавляют твердым сплавом.

В комплект однозубого рыхлителя (рис. 7.28, а) входят: двусторонний клык-рыхлитель 6 со сменными передним 7 и задним 8 зубьями, шарнирно прикрепленный к двуплечему рычагу 5, ковш обратной лопаты 4 и пара гидроцилиндров 2 поворота рычага с рыхлителем относительно рукояти 1, взаимозаменяемых с гидроцилиндрами 3 ковша обратной лопаты. Разработка грунта осуществляется при перемещении рукояти с клыком-рыхлителем к экскаватору или поворотом клыка в обе стороны относительно рукояти гидроцилиндрами 2, работающими от гидросистемы машины. Шарнирное соединение клыка-рыхлителя с рычагом позволяет разрыхлять грунты с наиболее рациональными углами резания. При разрушении грунта передним зубом 7 клык-рыхлитель движется к опирающемуся на грунт зубьями ковша 4, прорезая в грунте щель. Возникающие при этом усилия на зубьях рыхлителя и ковша направлены навстречу друг другу, чем значительно снижается передача нагрузки на базовую машину. Задний зуб клыка-рыхлителя, движущийся снизу

вверх к экскаватору, используется как при рыхлении мерзлого грунта, так и при взламывании дорожных покрытий и погрузочно-разгрузочных работах.

Трехзубый рыхлитель (рис. 7.28, б) состоит из сварной рамы 9 и трех сменных зубьев – центрального 11 и двух боковых 10. Боковые зубья можно устанавливать в трех положениях для получения различных по значению усилий рыхления в зависимости от прочности разрушаемого грунта.

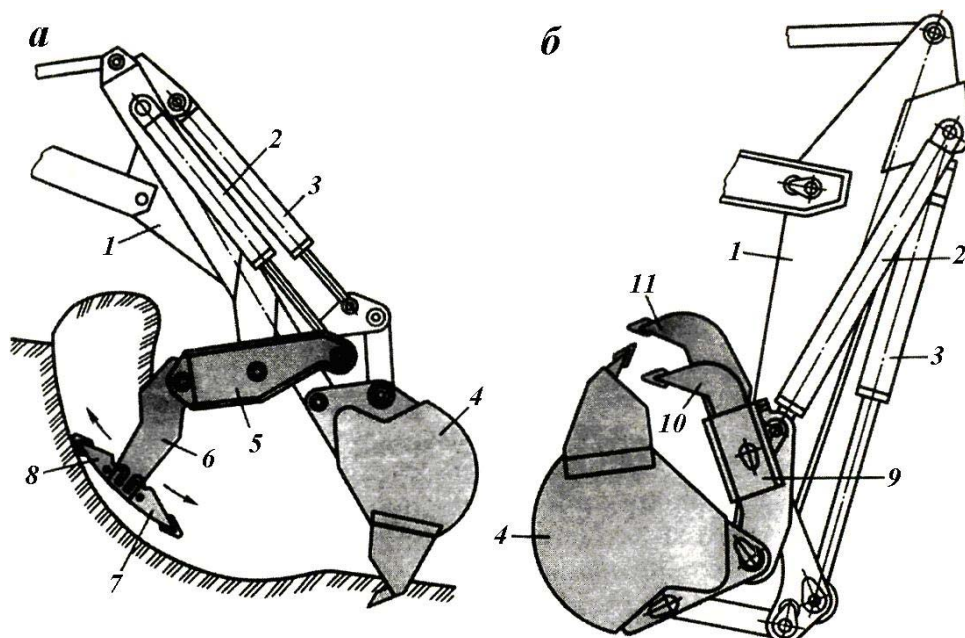


Рис. 7.28. Оборудование захватно-щипцевого типа с однозубым (а) и трехзубым (б) рыхлителями

Землерезные машины применяют для нарезания щелей шириной до 0,3 м в однородных, мерзлых и трудноразрабатываемых немерзлых прочных грунтах. Они представляют собой баровое, цепное и дискофрезерное рабочее оборудование, которое навешивается на серийные цепные траншейные экскаваторы (вместо основного рабочего органа), на гусеничные и пневмоколесные тракторы, дооборудованные гидромеханическими ходоуменьшителями, механизмами привода рабочих органов и гидравлическими подъемными механизмами для управления навесным оборудованием. Цепные и дискофрезерные рабочие органы могут навешиваться на одинаковые базовые шасси. Главный параметр землерезных машин – максимальная глубина нарезаемой щели.

Баровые рабочие органы – цепные бары от угольных врубковых машин или комбайнов в виде бесконечной цепи с резцами, оббегающей плоскую раму с приводной и натяжной звездочками. Баровыми рабочими органами, прорезающими щели шириной 0,14 м, оборудуются цепные траншейные экскаваторы. Барами прорезают вертикальные продольные щели в однородных мерзлых грунтах на глубину до 2,0 м. На одну базовую машину могут быть навешены индивидуально гидроуправляемые один, два или три бара.

Однobarовые машины имеют центральное и боковое (смещенное) расположение рабочего органа для нарезания щелей вдоль тротуаров. Барами разрезают массив мерзлого грунта на отдельные блоки массой 5...10 т, которые

удаляют из забоя лебедками и кранами. Иногда нарезанный барами грунт предварительно рыхлят машинами ударного действия, а его дальнейшую выемку производят экскаваторами.

Наибольшее распространение получили цепные землерезные машины, на которых используется однотипное максимально унифицированное навесное землеройное оборудование, состоящее из четырех модулей: цепного рабочего органа 4, механизмов его привода 2 и заглубления 3 и гидромеханического ходоуменьшителя 5 базового трактора 1 (рис. 7.29). Цепные щелерезные органы представляют собой гусеничные цепи движителей тракторов класса 10 с резцами и состоят из направляющей рамы, ведущей (приводной) звездочки, установленной на выходном валу механизма привода, натяжного направляющего ролика и натяжного винтового устройства. На звеньях режущей цепи крепят сменные резцедержатели с резцами от баров угольных врубовых машин или комбайнов. Для улучшения транспортирующей способности при резании мерзлых грунтов и повышения производительности машины при работе в талых грунтах к резцедержателям дополнительно крепят скребки.

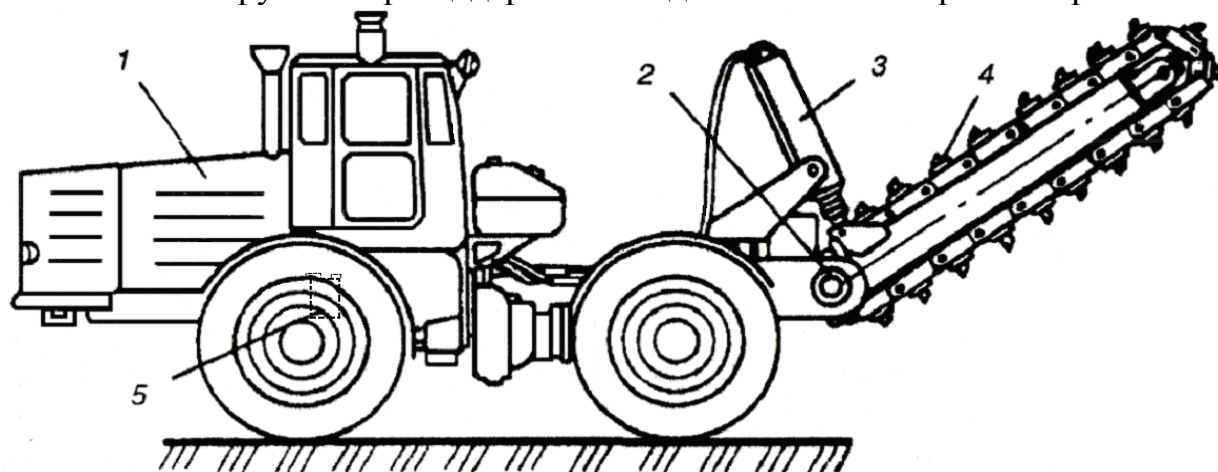


Рис. 7.29. Однобараковая щелерезная машина

Основными достоинствами цепных и баровых землерезных машин являются простота конструкции и удобство в эксплуатации, небольшая металлоемкость и достаточно высокая (до $70 \text{ м}^3/\text{ч}$) производительность, недостатками – большие затраты мощности (до 60% от всей потребляемой) на измельчение грунта и преодоление трения в цепях, низкая долговечность рабочего органа, работающего в абразивной среде.

Дисковые щелерезные машины (дискофрезерные) нарезают в мерзлых грунтах щели шириной 80...120 мм на глубину до 1...2 м с помощью одного или двух оснащенных резцами дисков (роторов) диаметром до 3 м. Эти машины применяют также для рытья узких траншей прямоугольного профиля под кабели электропередач и связи, трубопроводов малых диаметров, а также вскрытия асфальтовых дорожных покрытий. Дисковым рабочим оборудованием оснащаются траншейные экскаваторы и гусеничные тракторы, оборудованные ходоуменьшителями и бульдозерными отвалами. Привод рабочего органа может быть механическим и гидравлическим. Скорость резания составляет 2...3 м/с.

Дисковая щелерезная машина (рис. 7.30) предназначена для рытья траншей и щелей шириной 0,28 м и глубиной до 1,3 м в мерзлых и плотных грунтах. Навесное рабочее оборудование экскаватора включает дисковый ротор с гидравлическим приводом, раму 8 с зачистным устройством 10 и гидравлический механизм подъема-опускания ротора. Ротор состоит из диска 13, на котором с помощью зубодержателей 11 установлены восемнадцать зубьев 12, разрабатывающих грунт и выносящих его на поверхность. Ротор установлен на опоре 14 рамы и приводится во вращение от высокомоментного гидромотора 6 через зубчатый редуктор 7. Выходная шестерня 16 редуктора входит в зацепление с зубчатым венцом 9, жестко прикрепленным к диску ротора.

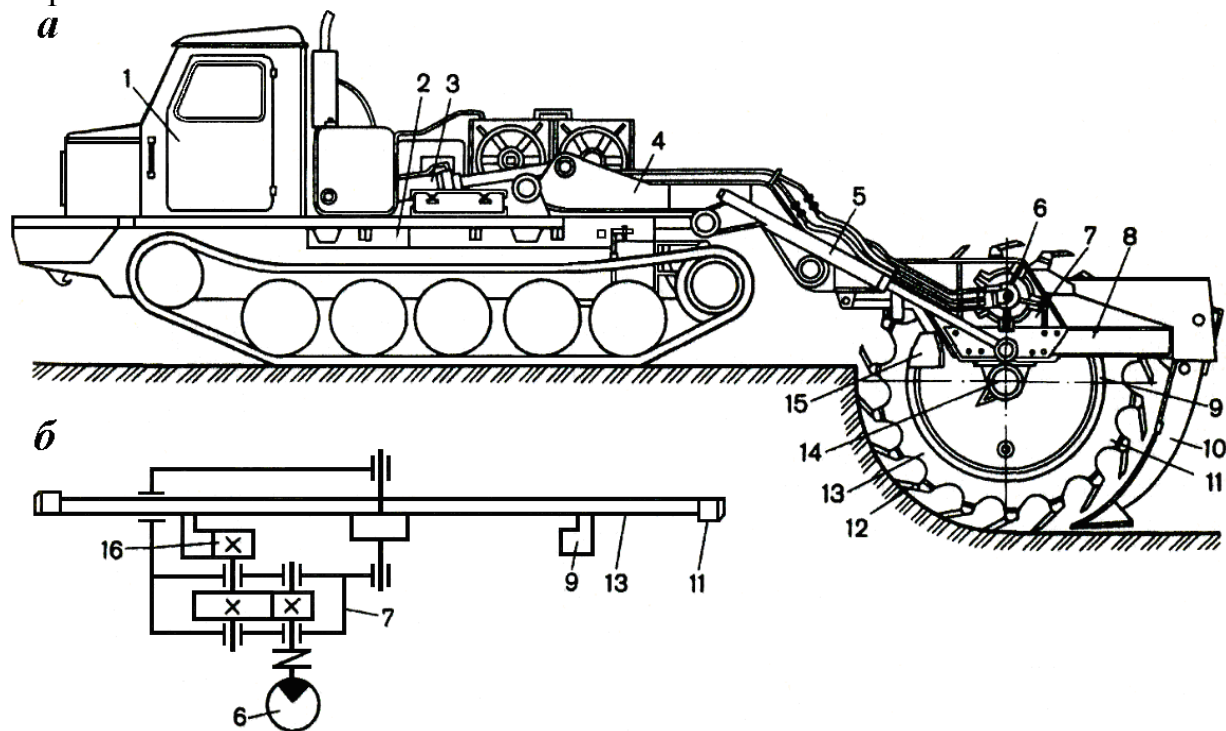


Рис. 7.30. Дисковая щелерезная машина:
а – общий вид; б – кинематическая схема привода ротора

Рабочий орган не имеет специального оборудования для транспортирования разработанного грунта; вынесенный зубьями на поверхность грунт отодвигается в обе стороны от бровки траншеи плужками 15 рамы 8 и располагается валиком вдоль отрываемой траншеи. Подъем и опускание рабочего органа осуществляется гидравлическим подъемным механизмом, включающим два гидроцилиндра 3, раму 4 и телескопические тяги 5. Рабочие скорости экскаватора при копании траншей обеспечиваются гидромеханическим ходоуменьшителем и бесступенчато регулируются в диапазоне 10...480 м/ч.

Для получения транспортных скоростей передвижения машины (2,2...9,8 км/ч) используется тракторная коробка передач. Привод насосов гидросистемы экскаватора и гидромотора ходоуменьшителя осуществляется от раздаточной коробки 2. Основные достоинства дискофрезерных машин по сравнению с баровыми и цепными – пониженная энергоемкость процесса резания за счет малого количества трущихся поверхностей ротора более высокие

производительность и долговечность (в 2...3 раза) жесткого рабочего органа; основные недостатки – высокая металлоемкость и ограниченная глубина копания, составляющая примерно 0,5 диаметра ротора.

Эксплуатационную производительность щеленарезных машин ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяют по объему разрушенного грунта:

$$\Pi_э = nH_{\text{щ}}B_{\text{щ}}k_v,$$

где n – число одновременно нарезаемых щелей; $H_{\text{щ}}$, $B_{\text{щ}}$ – глубина и ширина прорезаемой щели, м; v_p – рабочая скорость движения машины, м/ч; k_v – коэффициент использования машины по времени.

Землеройно-фрезерные машины (ЗФМ) применяют для послойной разработки (фрезерования) мерзлых грунтов и твердых пород при выполнении планировочных работ, отрывке корыт под внутриквартальные дороги, трамвайные и подкрановые пути, а также разрушения асфальтобетонных покрытий с последующей экскавацией разрушенных материалов бульдозерным отвалом.

Главным параметром ЗФМ является ширина фрезеруемой за один проход полосы. ЗФМ базируются на серийных гусеничных бульдозерах тягового класса 10...15, оборудованных гидромеханическими ходоуменьшителями для получения пониженных рабочих скоростей передвижения, бесступенчато регулируемых в диапазоне 0...500 м/ч. Конструкции современных ЗФМ имеют мало различий.

Рабочий орган ЗФМ – фреза диаметром 900...1020 мм, представляющая собой горизонтальный полый вал с приваренными перпендикулярно его оси кронштейнами, которые оснащены сменными режущими наконечниками (клыками) с износостойкой твердосплавной наплавкой. Кронштейны в количестве от 21 до 26 расположены на валу по одной или двум винтовым линиям, расходящимся от середины вала. Такая расстановка кронштейнов обеспечивает определенную последовательность работы каждого резца, минимальные колебания энергозатрат в процессе фрезерования, ровность планируемой поверхности, а также транспортирование части разрушенного грунта к краям обрабатываемой полосы.

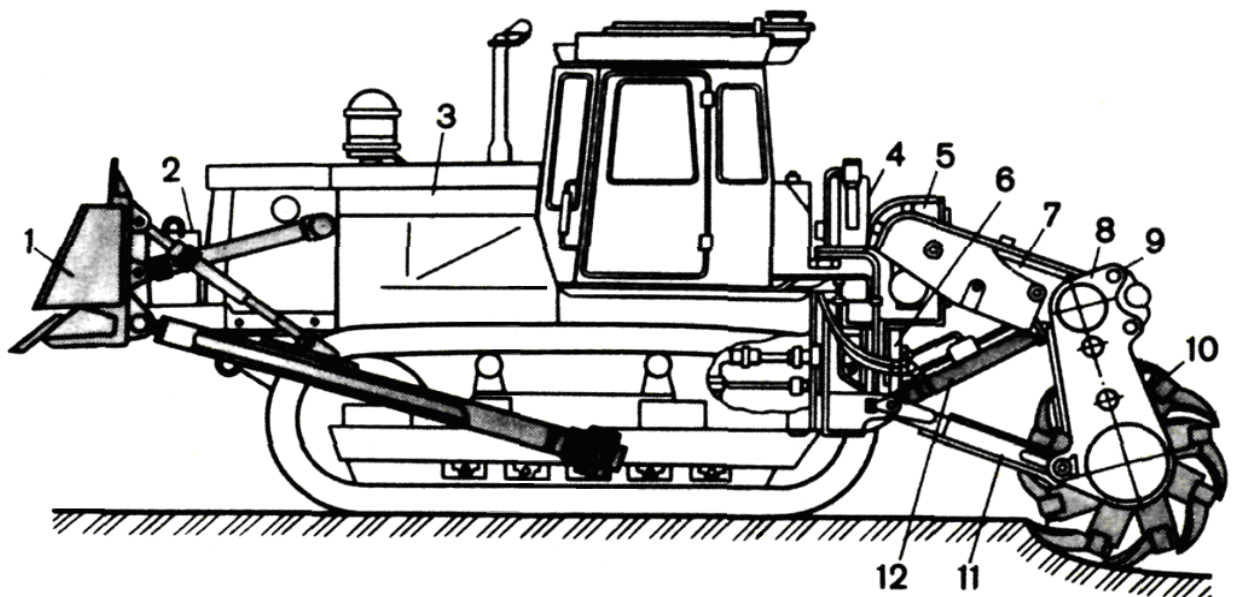


Рис. 7.31. Землеройно-фрезерная машина

Машина послойного фрезерования (рис. 7,31) эффективно разрабатывает мерзлые грунты с температурой до -10°C , прочностью по плотномеру ДорНИИ до 250 ударов с каменистыми включениями крупностью не более 50 мм.

Машина состоит из базового трактора класса 10 с бульдозерным оборудованием, рабочего органа фрезерного типа, силовой передачи для привода рабочего органа, навесного устройства, гидропривода подъема и опускания рабочего органа, гидромеханического ходоуменьшителя, системы управления и противовеса.

Привод фрезы 10 осуществляется от редуктора отбора мощности 5, через цепные передачи 7 и бортовые редукторы 8. Привод обеспечивает одну или две скорости резания в диапазоне 0,7...1,4 м/с и оборудуется предохранительной муфтой предельного момента 6. Рабочий орган навешивается на базовый трактор с помощью четырехзвенного шарнирного механизма, образованного общим корпусом редуктора отбора мощности и ходоуменьшителя 4, тягами цепных передач, нижней рамой 11 и корпусами бортовых редукторов, жестко связанных между собой поперечной балкой 9. Перевод рабочего органа в транспортное и рабочее положения и удержание его на заданной глубине фрезерования осуществляются двумя гидроцилиндрами 12, работающими от гидросистемы базового трактора 3. Для уравнивания массы навесного оборудования в передней части машины установлен противовес 2.

Современные ЗФМ за один проход обрабатывают полосу грунта шириной 2,6...3,4 м при глубине фрезерования до 0,25...0,35 м. После каждого прохода фрезой разрушенный грунт (материал) убирается бульдозерным отвалом 1. Производительность ЗФМ при разработке мерзлого грунта составляет 140...400 м³/ч.

Основным недостатком землеройно-фрезерных машин является интенсивный абразивный износ режущих элементов.

7.6. Машины для бестраншейной прокладки коммуникаций и проходки тоннелей

Прокладку подземных коммуникаций различного назначения (газо- и водопровода, канализации, теплотрасс, кабелей электроснабжения и связи и т.п.) в городских условиях часто приходится производить под действующими автомобильными и железными дорогами, трамвайными путями, городскими улицами и площадями, зданиями и сооружениями с использованием бестраншейных (закрытых) способов прокладки.

К наиболее распространенным бестраншейным способам прокладки коммуникаций относятся: горизонтальное механическое бурение, прокол и продавливание, щитовая проходка. При бестраншейной прокладке сохраняются целостность и нормальная работа пересекаемых дорог и улиц, наземных и подземных сооружений, сокращаются объем земляных работ (на 60...80%), сроки и стоимость прокладки коммуникаций, которая может проводиться круглогодично. Выбор оптимального способа бестраншейной прокладки определяется геометрическими размерами, назначением и глубиной заложения

коммуникаций, расположением, протяженностью и грунтовыми условиями ее трассы, характером пересекаемых сооружений и действующих коммуникаций.

Горизонтальное бурение применяют для прокладки под автомобильными и железными дорогами трубопроводов и защитных футляров для размещения в них рабочих трубопроводов, кабелей и других коммуникаций. Бурение горизонтальных скважин и прокладку в них трубопроводов производят с помощью специальных механизированных установок циклического и непрерывного действия.

В городском строительстве широко применяют унифицированные установки горизонтального бурения УГБ (рис. 7.32), осуществляющие непрерывное механическое бурение фрезерной головкой горизонтальной скважины с одновременной прокладкой в ней защитной трубы-кожуха, через которую затем протаскивается рабочий трубопровод несколько меньшего диаметра. Эти установки имеют одинаковый принцип действия и обеспечивают прокладку в грунтах I...IV категории труб-кожухов под трубопроводы диаметром 325...1420 мм при максимальной длине прокладки 40...60 м.

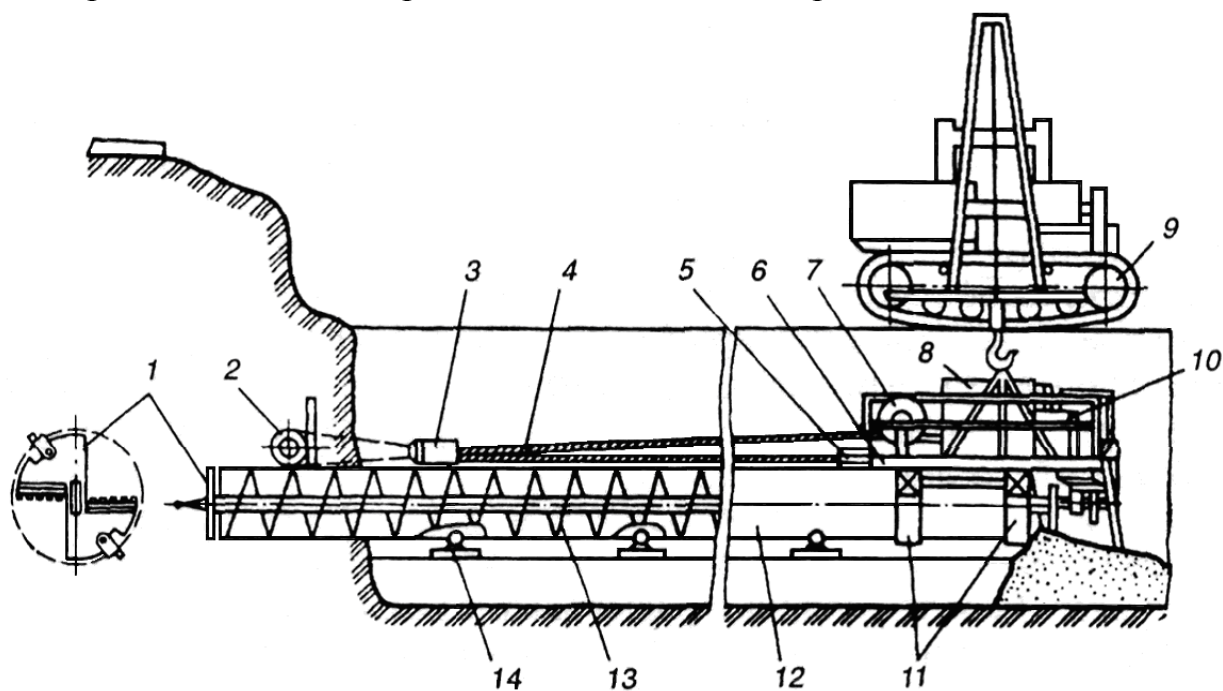


Рис. 7.32. Установка для горизонтального бурения типа УГБ

В УГБ двигатель внутреннего сгорания 8 посредством механической или гидромеханической трансмиссии 10 сообщает вращение расположенному в трубе-кожухе 12 шнеку 13 с буровой фрезерной головкой 1. Подача установки при бурении скважины обеспечивается тяговой лебедкой 7 с тяговым усилием до 80 кН через канатный полиспаст 4 переменной кратности (2...10). Двигатель с механизмами привода тяговой лебедки и винтового конвейера монтируется на общей раме 6, установленной на заднем конце прокладываемой трубы-кожуха с помощью сменных стяжных хомутов 11. Подвижная обойма 5 тягового полиспаста вмонтирована в переднюю часть рамы, а неподвижная 3, ориентируемая по оси траншеи, шарнирно крепится к якорю 2, заделанному в грунт насыпи. Труба-кожух опирается на направляющие тележки 14,

размещенные на дне траншеи, из которой ведется проходка. Установка удерживается от опрокидывания и поворота сопровождающим краном-трубоукладчиком 9, который передвигается вдоль траншеи со скоростью, равной скорости подачи машины в забой.

Нагрузка на тяговый полиспаст (усилие подачи) определяется диаметром и длиной прокладываемой трубы-кожуха, ее прямолинейностью, а также физико-механическими свойствами разрабатываемого грунта. Наибольшие сопротивления подаче установки в забой возникают при строительстве переходов в легко поддающихся обрушению песчаных грунтах, при ликвидации зазора между трубой-кожухом и скважиной. В приводе тяговой лебедки имеется коробка передач, обеспечивающая несколько (до 6) скоростей вращения барабана и его реверс. Скорость подачи выбирается в соответствии с конкретными условиями проходки и составляет в среднем 2...5,5 м/ч при строительстве переходов в средних грунтах и 1,8...3,5 м/ч – в тяжелых.

Транспортировка разработанного грунта из забоя в траншею осуществляется винтовым конвейером, состоящим из трубы-кожуха, внутри которой помещен шнек, не имеющий промежуточных опор. Длина конвейера соответствует протяженности перехода. К головной секции шнека крепится сменная фрезерная буровая головка, снабженная резцами с твердосплавными пластинками. Буровая головка обеспечивает бурение скважины несколько большего (на 30...50 мм) диаметра по сравнению с наружным диаметром прокладываемой трубы-кожуха, что позволяет значительно уменьшить лобовое сопротивление подаче установки в забой.

Оптимальная частота вращения шнека $0,18...0,3 \text{ с}^{-1}$ при разработке средних грунтов и $0,1...0,15 \text{ с}^{-1}$ – тяжелых. В установках с гидромеханической трансмиссией скорости подачи в забой и вращения буровой головки со шнеком регулируются бесступенчато в зависимости от конкретных условий проходки, что позволяет автоматизировать работу установок и повысить их производительность в 1,5...2 раза. В соответствии с размерами прокладываемой трубы-кожуха каждая установка комплектуется набором винтового конвейера и фрезерными головками.

Прокол при прокладке труб осуществляется за счет вытеснения и уплотнения грунта (без его разработки) прокладываемой трубой, пневмопробойником или раскатчиком грунта.

При прокладывании трубопроводов способом прокола возникают значительные радикальные усилия, поэтому необходимо обеспечивать определенное удаление трубопроводов от земной поверхности, а также подземных сооружений и коммуникаций. В зависимости от материала коммуникации эти расстояния должны составлять: для стального газопровода или водопровода – не менее 0,8 м; до водопровода из чугунных труб – не менее пяти диаметров (d) прокладываемой трубы; до железобетонных и керамиковых труб – не менее $6d$; до водостока из бетонных труб – не менее $4d$; до электрических кабелей – не менее 0,6 м.

Различают прокол механический (статический) и вибропрокол. При механическом проколе вдавливаемой в грунт трубе сообщается поступательное

движение от продавливающего устройства или же она протаскивается через готовую скважину, полученную с помощью пневмопробойника или раскатчика грунта. При вибропроколе применено вибрирование наконечника прокладываемой трубы (реже самой трубы) при одновременном вдавливании их в грунт.

Механический прокол применяют для прокладки трубопроводов различного назначения диаметром до 426 мм в глинистых и суглинистых грунтах, при максимальной протяженности проходок до 40...60 м. В качестве продавливающих устройств при механическом проколе обычно используют насосно-домкратные установки, нажимные усилия от которой передаются прокладываемой трубе через ее торец. Для уменьшения лобового сопротивления на конце ведущего звена трубопровода устанавливают конический наконечник, диаметр основания которого превышает диаметр трубопровода на 20...30 мм. Продвигаясь в грунте, наконечник раздвигает и уплотняет его, образуя скважину.

Вибропрокол применяют при прокладке трубопроводов в песчаных, супесчаных и водонасыщенных грунтах, в которых нельзя получить устойчивую скважину и поэтому механический прокол сильно затруднен, или практически невозможен из-за больших сопротивлений движению трубы, зажатой грунтом. Сущность вибропрокола заключается в том, что прокладываемой трубе (или ее наконечнику) одновременно с усилием подачи сообщаются продольно направленные вдоль ее оси колебания, резко уменьшающие (в 8...10 раз) трение между грунтом и внедряемой в него трубой. В качестве возбудителей продольно направленных колебаний используются вибраторы направленного действия и вибромолоты, которые кроме вибрации сообщают прокладываемой трубе ударные импульсы. Вибровозбудитель (рис. 7,33, б) имеет четное число дебалансов 12. Вертикальные составляющие F_v этих сил взаимно уничтожаются, а горизонтальные F_r , направленные вдоль оси трубы, складываются. Суммарная вынуждающая сила вибратора определяется числом дебалансов, их массой и частотой вращения, равной частоте колебаний вибратора. Основной частью вибромолота является вибратор направленного действия, снабженный ударником 11 и соединенный с наковальней 13 пружинной подвеской 14. Ударные импульсы возникают при соударении ударника с наковальней, причем сила удара в несколько раз превышает вынуждающую силу вибратора.

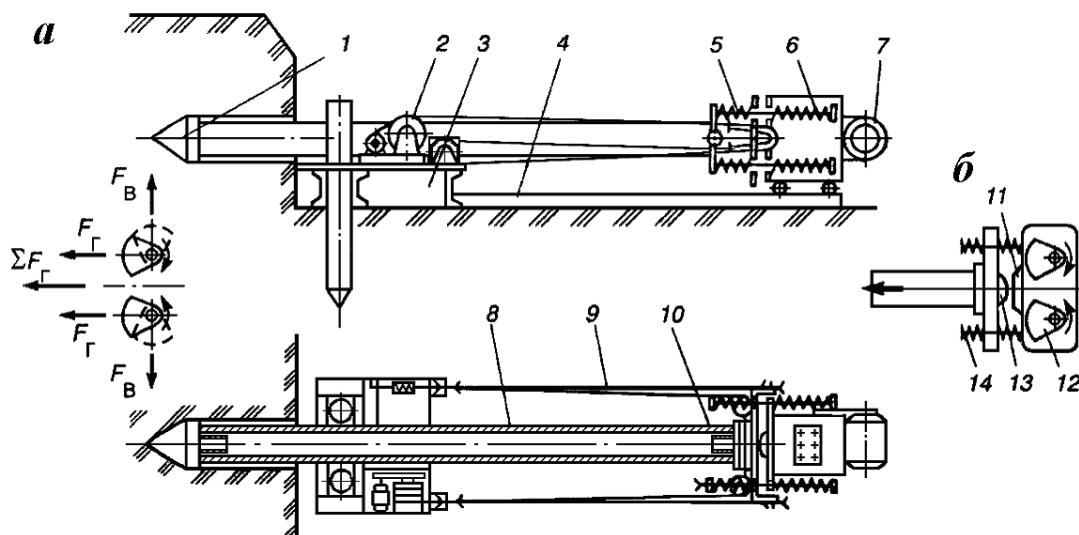


Рис. 7.33. Установка для вибропрокола

На рис. 7.33, *a* показана виброударная вдавливающая установка для прокладки труб (кожухов) диаметром 273...426 мм. В комплект установки входят вибромолот 6 с приводным электродвигателем 7, анкерная рама 3 с секционными направляющими 4 для перемещения вибромолота, тяговая реверсивная лебедка 2 с пригрузочным полиспастом 9, развивающим вдавливающее усилие до 300 кН. Прокладываемая труба 8 с конусным инвентарным наконечником 1 устанавливается свободным концом в наголовнике 10 вибромолота. Секции труб длиной до 8 м последовательно внедряются в грунт под действием виброударных импульсов и вдавливающего усилия пригрузочного полиспаста. Проложенная труба соединяется с очередной электросваркой. Для обеспечения оптимального сочетания усилия вдавливания с наиболее эффективным ударным режимом в процессе работы установки можно регулировать натяжение пружинной подвески 5 вибромолота в зависимости от сопротивления грунта внедрению прокладываемой трубы с помощью пригрузочного полиспаста.

Вибропроколом прокладывают трубы диаметром до 426 мм на длину до 25...50 м. Скорость проходки зависит от грунтовых условий и диаметра прокладываемой трубы и составляет, в среднем 20...60 м/ч.

Пневматические пробойники широко используют для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций под действующими автомобильными и железными дорогами, трамвайными путями, улицами и площадями, зданиями и сооружениями, а также для изготовления набивных свай, глубинного уплотнения грунтов и т.п. Они представляют собой самодвижущиеся машины ударного действия и предназначены для проходки в грунтах I...III категорий сквозных и глухих горизонтальных, вертикальных и наклонных скважин с уплотненными гладкими стенками и забивания в грунт стальных труб. Через пробитые в грунте скважины затем прокладывают трубопроводы и кабели различного назначения. Забитые в грунт трубы в горизонтальном или наклонном направлении применяют как рабочие трубопроводы или как защитные футляры-кожухи для размещения в них коммуникаций. Вертикально забитые трубы могут использоваться как сваи.

По назначению пневмопробойники разделяют на две группы – для проходки скважин в грунте и для забивания в грунт труб. Главным параметром пневмопробойников для проходки скважин является наружный диаметр корпуса, т.е. диаметр проходимой в грунте скважины, у пневмопробойников для забивания в грунт труб – максимальный наружный диаметр забиваемой трубы. Некоторые типы пневмопробойников могут быть использованы как для проходки скважин, так и для забивания труб. Независимо от назначения пневмопробойники имеют одинаковые принцип действия и систему воздухораспределения, однотипные реверсивные устройства и различаются между собой размерами и массой, энергией и частотой ударов, составом оснастки и приспособлений.

Каждый пневмопробойник (рис. 7.34) состоит из цилиндрического корпуса 2 с наковальней 1, массивного ударника 3, золотникового воздухораспределительного устройства 4 и гибкого рукава 5 для подвода сжатого воздуха от компрессора. Под действием сжатого воздуха, попеременно перепускаемого золотником в полости прямого и обратного ходов, ударник совершает возвратно-поступательное движение и наносит удары по наковальне корпуса, продвигая машину вперед. В результате образуется прямолинейная скважина с гладкими стенками или забивается в грунт труба. Обратному движению пневмопробойника препятствуют силы трения между его корпусом или стенками трубы и грунтом. Возврат пробойника назад по пробитой скважине осуществляется изменением направления ударов с помощью реверсивного механизма. Управление реверсивным механизмом осуществляется либо вращением воздухоподводящего рукава, либо его натяжением.

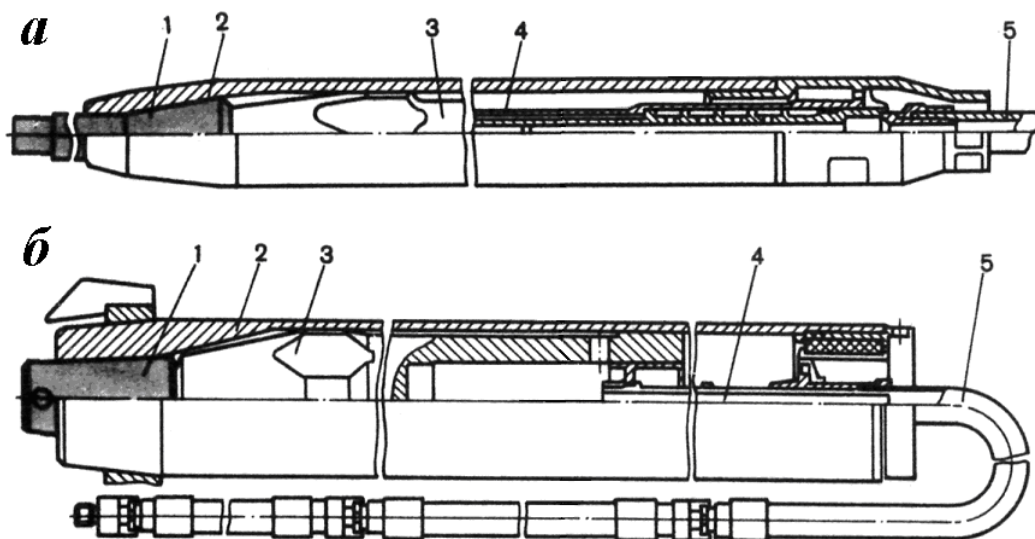


Рис. 7.34. Пневмопробойники для проходки скважин (а), для забивания труб (б)

Для увеличения диаметра скважины пневмопробойники снабжаются сменными конусными уширителями, закрепляемыми на корпусе машины. Корпуса пневмопробойников для забивки труб соединяются с забиваемыми трубами с помощью насадок.

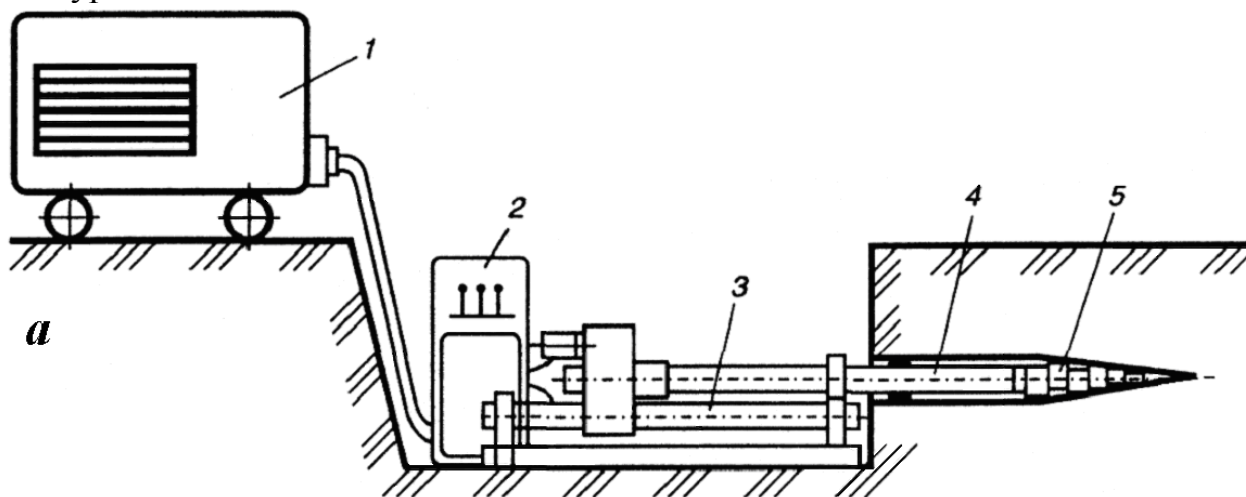
Предусмотрен выпуск пневмопробойников для проходки скважин с наружным диаметром (без уширителя) 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160 и 200 мм,

для забивания труб – с максимальным диаметром забиваемых труб 400; 630; 800; 1000; 1250 и 1600 мм.

Машины для раскатки скважин в грунте. Все большее распространение получают грунтопроходные машины безударного действия с самозавинчивающимся рабочим органом для раскатки в грунте горизонтальных, вертикальных и наклонных скважин, которые называют также раскатчиками грунта.

Машина для раскатки скважин (рис. 7.35, б) состоит из привода 2 (мотор-редуктора или гидромотора) и жестко соединенного с его выходным валом рабочего органа. Последний представляет собой консольный эксцентриковый вал 3, на шейках которого установлены свободно вращающиеся конические катки 4. Шейки вала и, соответственно, оси катков развернуты под углом φ к продольной оси вала (рис. 7.35, в). При вращении вала катки катятся по спирали, центром которой является ось рабочего органа, и завинчиваются в грунт, формируя скважину 1 с уплотненными стенками. Угол φ определяет шаг завинчивая катка, т.е. подачу рабочего органа за один оборот эксцентрикового вала.

Число катков на валу рабочего органа зависит от технологии производства работ и длины (глубины) проходки. Приводной мотор-редуктор снабжен ребрами 5 для восприятия реактивного крутящего момента при вращении вала рабочего органа. Питание привода раскатчика осуществляется посредством кабеля 6 или гидрошланга высокого давления. Частота вращения вала раскатчика бесступенчато регулируется в широком диапазоне. Средняя скорость проходки скважины в различных грунтах 10...20 м/ч. Кроме проходки скважин под коммуникации, раскатчики скважин используются для усиления оснований фундаментов действующих зданий и сооружений, раскатки скважин под буронабивные сваи и т.п.



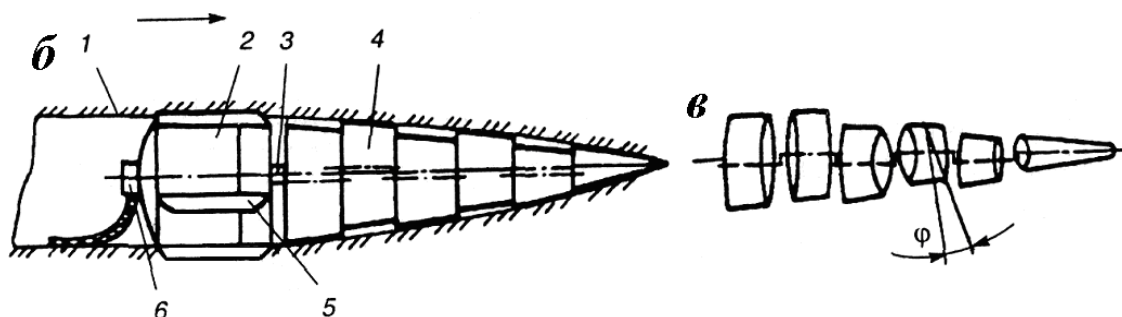


Рис. 7.35. Проходка горизонтальных скважин с помощью раскатчика грунта:
а – схема установки; *б* – схема машины для раскатки скважин; *в* – схема разворота катков

Машины для раскатки скважин экологически безопасны, бесшумны в работе, не передают динамические нагрузки на строительные конструкции и действующие коммуникации, не оказывают вредного воздействия на обслуживающий персонал.

Грунтопроходная установка с гидроприводом для бестраншейной прокладки коммуникаций (рис. 7.35, *а*) состоит из раскатчика 5, станка 3 для привода раскатчика, штанги 4 переменной длины, передвижной маслостанции 1 и пульта управления 2.

Маслостанция состоит из гидравлического насоса с приводным двигателем, бака для масла и пускорегулирующей аппаратуры. Станок для подачи раскатчика на забой сообщает рабочему органу через штангу определенное усилие и включает основание, каретку с механизмом ее перемещения и направляющую, по которой двигается каретка. На каретке установлен гидромотор для привода раскатчика.

Перед началом работ по проходке станок устанавливают на предварительно спланированной площадке с последующей фиксацией его положения анкерами. Направляющую ориентируют винтовым регулировочным механизмом по проектной оси будущей скважины. Затем включают механизм перемещения каретки и вдавливают раскатчик в грунт с одновременным включением гидромотора привода раскатчика. После внедрения раскатчика на всю длину привод раскатчика выключают, отсоединяют каретку от раскатчика и возвращают ее в исходное положение. Затем раскатчик и гидромотор его привода соединяют промежуточной штангой и повторяют цикл проходки. По мере внедрения раскатчика в грунт штангу наращивают инвентарными секциями. Установка обеспечивает проходку горизонтальных скважин диаметром 50...230 мм на расстояние до 50 м.

Установка комплектуется набором раскатчиков диаметром 50, 80, 140, 200 и 230 мм. Грунтопроходные установки с раскатчиками грунта постоянно совершенствуются, расширяются их технические возможности. В перспективе предусмотрено создание раскатчиков для проходки скважин диаметров до 2,0 м.

Продавливанием прокладывают в грунтах I...III категории стальные трубопроводы диаметром 529...1720 мм, а также сборные железобетонные коллекторы и туннели различного назначения на длину до 60...80 м. При продавливании трубопровод (футляр) вдавливают в массив грунта открытым концом, снабженным кольцевым ножом, а грунт, поступающий внутрь

головного звена, разрабатывают и удаляют через прокладываемый трубопровод ручным или механизированным способом. В качестве продавливающих устройств применяют насосно-домкратные установки, включающие четное число однотипных домкратов грузоподъемностью 170...500 т каждый с ходом штоков 1150...1600 мм. Усилия от домкратов передаются прокладываемой трубе через задний ее торец с помощью стальной нажимной рамы (траверсы) или стального нажимного кольца, равномерно распределяющих давление по периметру торца трубопровода. Для передачи усилий от домкратов на торец звена трубы после продавливания трубопровода в грунт на длину хода штоков домкратов применяют нажимные патрубки. Длина нажимных патрубков должна быть равна или кратна длине хода штоков домкратов.

Разработку грунта, входящего в открытый конец трубы, производят вручную (при больших ее диаметрах) с применением ручных машин ударного действия и шанцевого инструмента или с помощью механических рабочих органов ковшового, совкового и фрезерного типа, виброударных желонки и грейферов. Ручная разработка грунта характеризуется высокими трудоемкостью, стоимостью и малой производительностью. Удаление грунта из труб диаметром 500...800 мм осуществляется преимущественно гидравлическим способом. Для удаления грунта из трубопроводов большего диаметра используют вагонетки, бадьи, челноки, перемещаемые с помощью канатов и лебедок, самоходные электрокары и тележки со съемными или саморазгружающимися кузовами, ленточные и скребковые конвейеры переменной длины и т.д.

Транспортные средства загружают вручную (при диаметре труб 1000...1200 мм) или малогабаритными породопогрузочными машинами. Плотные грунты перед погрузкой разрезают на брикеты с помощью режущих решеток, помещенных сразу же за ножевым кольцом, разрабатывают вручную или малогабаритными автоматическими гидроэкскаваторами. Несвязные водонасыщенные грунты поступают на транспортирующие устройства самостоятельно (без применения ручного труда и машин) через люки стальных диафрагм, отделяющие ножевую секцию от остальных секций трубопровода. Количество поступающего грунта регулируется специальными затворами.

Производительность установок для проходок способом продавливания зависит от физико-механических свойств грунта, диаметра и протяженности трубопровода, мощности домкратов, скорости хода их штоков, а также от способа разработки и удаления грунта и составляет в среднем 0,5...1,5 м/ч.

Рассмотрим в качестве примера устройство и рабочий процесс установки для прокладки стальных трубопроводов (футляров) диаметром 1220 и 1420 мм на длину до 60 м способом продавливания с механизированной разработкой грунта.

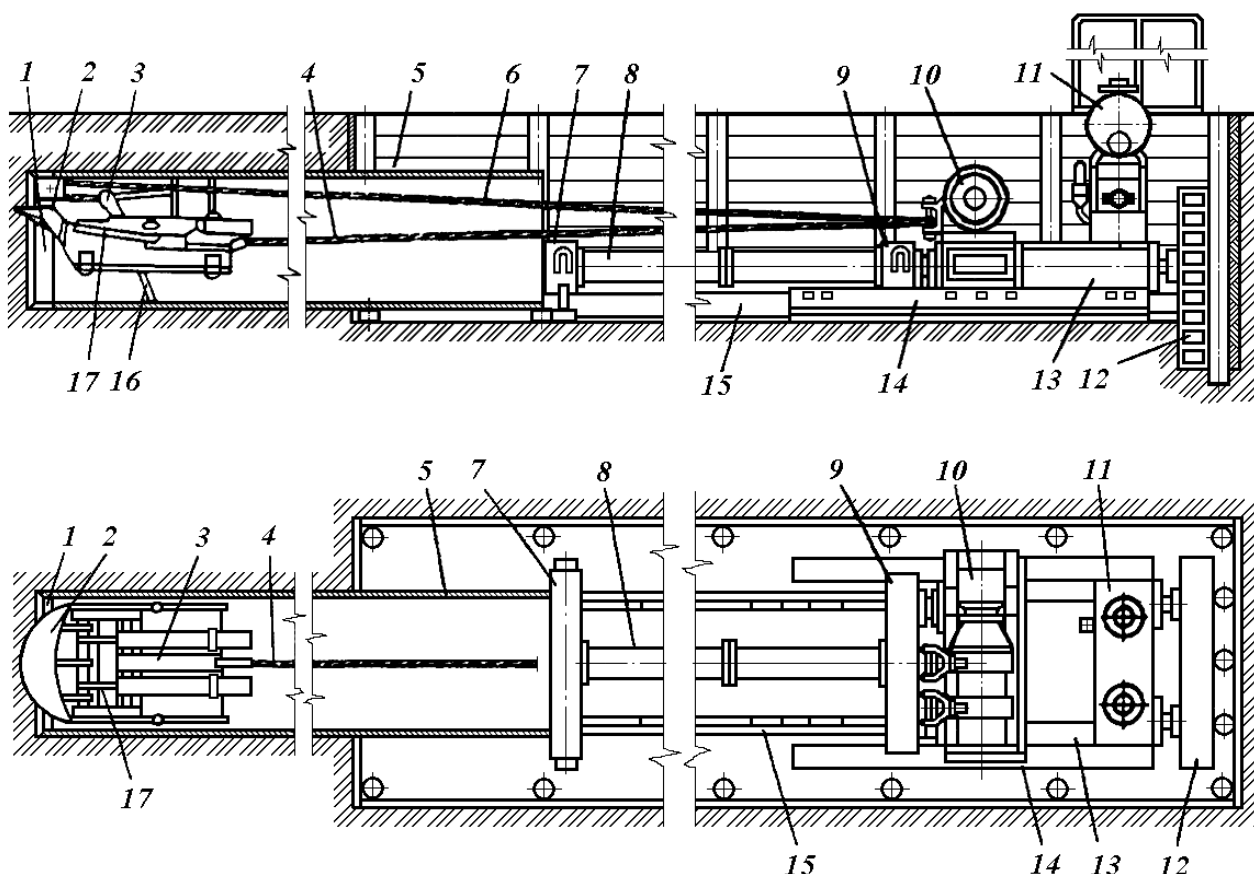


Рис. 7.36. Установка для прокладки труб продавливанием с механизированной разработкой грунта

Установка (рис. 7.36) состоит из четырех основных частей: насосно-домкратного агрегата для продавливания трубопровода, рабочего органа для разработки и удаления грунта, устройства для передачи нажимных усилий домкратов и ножевой секции 1 со сменными ножами. Гидравлические домкраты 13 и насосная станция 11 смонтированы на основной раме 14. Нажимные усилия домкратов передаются на торец прокладываемого звена трубопровода 5 через нажимную траверсу 9, шарнирно связанную со штоками домкратов. При втягивании (обратном ходе) штоков траверса возвращается вместе с ними в исходное положение. Для передачи нажимных усилий трубе после ее продавливания на длину хода штока домкратов служит вторая траверса 7, передвигающаяся по направляющей раме 15, и нажимные патрубки 8, длина которых (1500 и 3000 мм) кратна ходу штоков домкратов. Реактивные усилия домкратов воспринимает опорный башмак 12.

При продавливании сначала головное звено вдавливают в грунт на длину хода штоков домкратов, а затем возвращают штоки с траверсой 9 в исходное положение. В промежуток между траверсами 7 и 9 укладывают на направляющую раму 15 нажимные патрубки 8 (длина патрубка равна ходу штоков домкратов) и повторяют цикл вдавливания.

После второго цикла ранее установленные патрубки заменяют другими, длина которых соответствует уже двойному ходу штоков домкратов и т.д. Процесс смены нажимных патрубков повторяется до тех пор, пока все звено не будет вдавлено в грунт. Нажимные патрубки удаляют, и в освободившееся

пространство перед домкратами устанавливают на направляющие очередное звено трубопровода и сваривают его с предыдущим. Сменный рабочий орган включает ковш 2 со сплошной режущей кромкой, работающий по принципу обратной лопаты экскаватора, механизм привода ковша и скребок-клапан 16 для удаления грунта из трубопровода. Перемещение и действие рабочего органа обеспечиваются двухбарабанной лебедкой 10 с электроприводом с помощью рабочего 6 и тягового 4 канатов. При натяжении каната 6 связанный с ним системой рычагов 3 и цепной передачей 17 ковш движется сверху вниз и разрабатывает грунт, который ссыпается в нижнюю часть прокладываемой трубы. Удаление грунта осуществляется скребком-клапаном 16, поворачивающимся относительно оси крепления и связанным с механизмом привода ковша. Скребок-клапан может отклоняться вверх и в сторону устья скважины при эвакуации грунта. Установка комплектуется двумя сменными рабочими органами для прокладки трубопроводов 1220 и 1420 мм и позволяет обеспечить при работе в песчаных, суглинистых и глинистых грунтах скорость прокладки до 8,4 м/смен.

Щитовую проходку применяют при строительстве на глубине 8...10 м и более магистральных канализационных и водосточных коллекторов, а также туннелей, в которых прокладывают одновременно трубопроводы и кабели различного назначения. Щитовая проходка возможна практически в любых грунтах и осуществляется с помощью специального проходческого щита круглой, прямоугольной, эллиптической или подковообразной (в поперечном сечении) формы, под защитой которого производится разработка грунта, погрузка его в транспортные средства и устройство стенок (обделки) подземного сооружения. Наибольшее распространение получили цилиндрические щиты, внутренний диаметр которых принимается в соответствии с требуемым наружным диаметром сооружаемого коллектора или туннеля. Щит вдавливается в грунт по оси проходки гидравлическими домкратами, расположенными по его периметру. Опорой для гидродомкратов служит обделка сооружения. Разработка грунта, поступающего внутрь щита, производится в головной его части, а сооружение обделки – в хвостовой.

Туннельную обделку сооружают сборной из железобетонных блоков или тюбингов и монолитно-прессованной бетонной или железобетонной. Перед началом щитовой проходки сооружают вертикальный шахтный ствол, обычно круглого сечения, диаметром 5...8 м, глубина которого соответствует глубине заложения коллектора (туннеля). Ствол шахты используют для устройства монтажной камеры щита, эвакуации грунта на поверхность средствами вертикального транспорта, передвижения людей и транспортирования материалов в процессе проходки подземного сооружения. На строительстве коллекторов и туннелей применяют несколько типов проходческих щитов с наружным диаметром 2...5,2 м.

Различают немеханизированные щиты, рабочий процесс которых связан с применением ручного труда при разработке грунта, погрузке его в средства внутритуннельного транспорта, устройстве обделки сооружения, и

механизированные щиты, у которых операции разработки грунта, эвакуации его на поверхность и устройства туннельной обделки механизированы.

Механизированные щиты снабжены активными рабочими органами периодического и непрерывного действия для разработки грунта и оборудованием для укладки блоков обделки сооружения и транспортирования разработанного грунта через щит на погрузочные средства. Такие щиты применяют на строительстве коллекторов и туннелей диаметром 2...5,2 м. Рабочие органы щитов могут быть роторными (фрезерными), штанговыми, экскаваторными, гидромеханическими и т.п. Наибольшее распространение получили щиты с роторными и экскаваторными рабочими органами.

На рис. 7.37, а показан цилиндрический механизированный щит диаметром 2,56 м с роторным рабочим органом, состоящим из роторной части и неповоротного цилиндра. Роторная часть включает передний конус 7 со сменными резцами 8 для рыхления грунта и жестко связанный с ним спиральными лопатками 10 зубчатый венец 5 с внутренним зацеплением, которому передается вращение с частотой $0,16...0,2 \text{ с}^{-1}$ от электродвигателя 3 через систему передач. Неповоротный цилиндр 11 вместе с роторной частью может перемещаться по направляющим 12 вдоль оси щита, получая возвратно-поступательное движение от 16 размещенных по периметру корпуса 2 щита гидравлических домкратов 4 с ходом штоков 1000 мм. Под действием домкратов, развивающих суммарное усилие до 5200 кН, рабочий орган может выдвигаться вперед на расстояние до 1 м независимо от движения щита.

При вращении роторной части разрушенный резцами грунт непрерывно подхватывается спиральными лопатками 10 и перемещается ими по поверхности неповоротного цилиндра 9 к приемному окну 6 в цилиндре 11, через которое грунт поступает в направляющую воронку ленточного конвейера-перегрузателя 1, загружающего тележки 13 со съёмными кузовами. После разработки забоя на длину одного кольца обделки 14 рабочий орган отводится назад, щит продвигается гидродомкратами вперед и в хвостовой части с помощью блокоукладчика укладывается очередное кольцо обделки из железобетонных трапецеидальных блоков. В свободное пространство между обделкой и грунтом раствором насосом нагнетается цементный раствор, заполняющий пазухи.

Эвакуация грунта на поверхность и подача материалов (элементов сборной обделки, цемента и т.д.) к щиту производятся средствами горизонтального внутритуннельного (двухосные тележки со съёмными кузовами, вагонетки, тележки-блоковозки, электрокары) и вертикального (клетевые подъемники, стреловые краны и т.д.) транспорта.

Роторный рабочий орган может быть выполнен в виде винтовой двух- или трехзаходной планшайбы, оснащенной сменными резцами. Планшайба приводится во вращение гидромотором через систему передач или попеременно действующими через храповое устройство двумя или тремя парами гидравлических домкратов, получающих питание от насосной станции. Разработанный грунт грузится в вагонетки винтовым или ленточным конвейером.

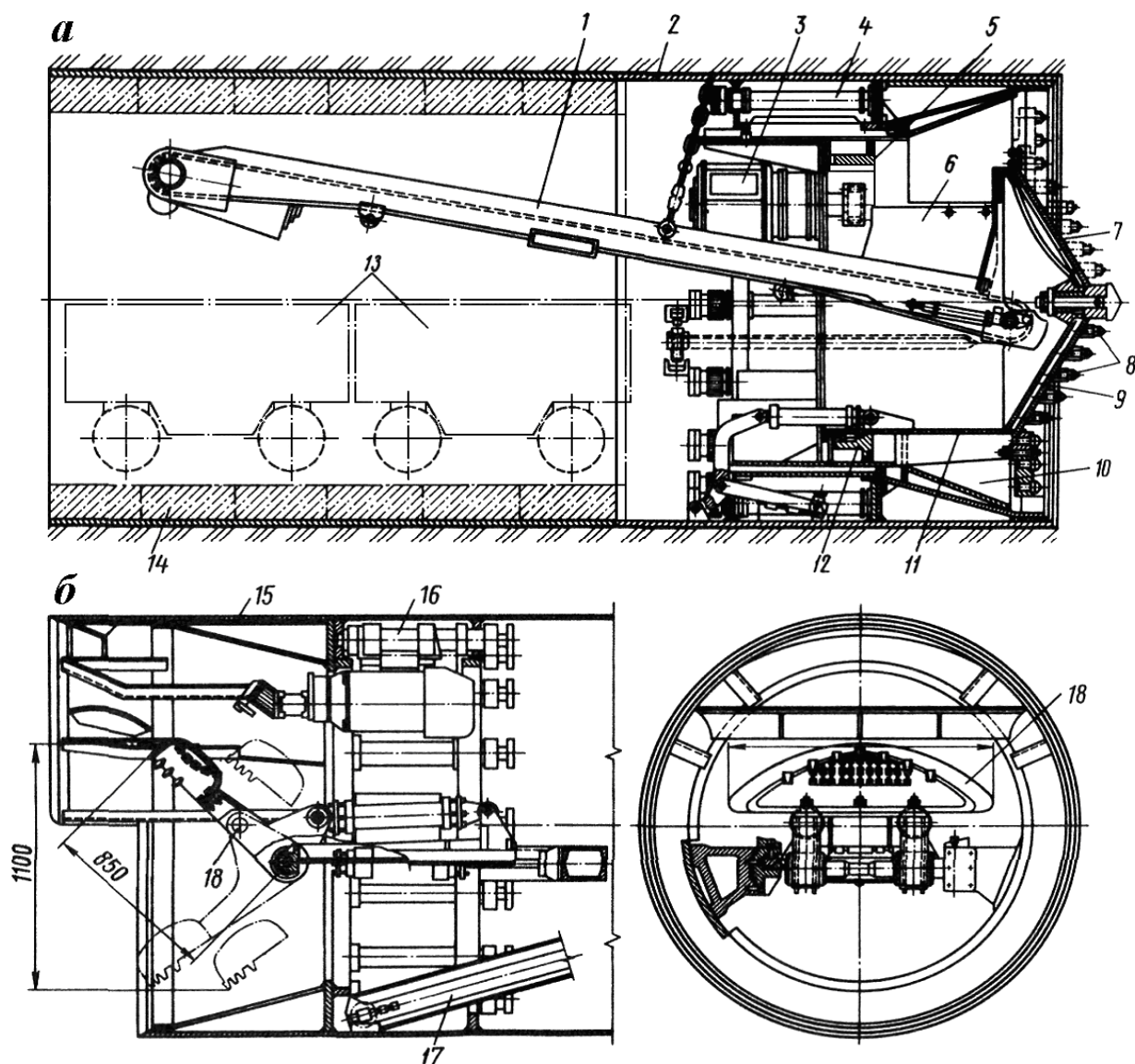


Рис. 7.37. Механизированные проходческие щиты

На рис. 7.37, б показан механизированный щит диаметром 2,05 м с экскаваторным рабочим органом, работающим по принципу обратной лопаты. Рабочий орган 18 смонтирован в опорной и ножевой частях корпуса 15 щита, имеет гидравлический привод и автономную систему управления. Грунт из ковша рабочего органа выгружается на ленточный конвейер 17, загружающий тележки внутритуннельного транспорта. Щит передвигается шестнадцатью гидравлическими домкратами 16 грузоподъемностью 125 т каждый. В хвостовой части щита расположен блокоукладчик для сооружения туннельной обделки.

В проходческом щите диаметром 2,56 м поворотная лопата для разработки забоя установлена на телескопической стреле, поворачивающейся в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Скорость проходки туннеля механизированными щитами составляет 3...7 м/смен.

7.7. Бурильно-крановые машины

Самоходные бурильно-крановые машины широко применяют в городском строительстве при устройстве свайных оснований зданий и сооружений, опор мостов, трубопроводов, линий электроснабжения и связи, колодцев, ограждений, а также при обустройстве дорог посадке деревьев и кустарников. Бурильное и специальное крановое оборудование смонтировано на шасси серийных автомобилей или тракторов; его привод осуществляется от двигателя базовой машины или самостоятельной силовой установки. Вертикальные и наклонные скважины в талых и сезонно промерзающих грунтах проходят способом механического вращательного бурения. В пробуренные скважины сваи, столбы, железобетонные опоры, блоки колодезных облицовок и другие элементы устанавливают специальным крановым.

Бурильно-крановые машины классифицируют по следующим основным признакам:

- по типу базовой машины* – на автомобильные и тракторные;
- по принципу действия бурильного оборудования* – циклического и непрерывного действия;
- по типу привода бурильного и кранового оборудования* – с механическим, гидравлическим и смешанным (гидромеханическим) приводом;
- по виду исполнения бурильно-кранового оборудования* – совмещенное (бурильное и крановое оборудование смонтированы на одной мачте) и раздельное (бурильное оборудование смонтировано на мачте, крановое – на стреле);
- по возможности поворота рабочего оборудования в плане* – неповоротные и поворотные;
- по расположению рабочего оборудования на базовом шасси* – с задним и боковым расположением у неповоротных машин, на поворотной платформе – у поворотных.

Главный параметр бурильно-крановых машин – максимальная глубина разбуриваемой скважины (в м). К основным параметрам относятся: диаметр бурения (скважины), угол бурения (угол наклона оси скважины к горизонту), грузоподъемность кранового оборудования.

В качестве сменного бурильного инструмента бурильно-крановых машин используются лопастные, шнековые и кольцевые буры, закрепляемые на конце бурильной штанги, которой сообщается крутящий момент и усилие подачи.

Лопастной бур (рис. 7.38, а) состоит из корпуса 1 с двумя копающими лопастями в виде двухзаходного винта, забурника 6 и заслонки 2. Лопасты оснащены сменными резцами 5, разрыхляющими грунт и установленными в резцедержателях 3. Забурник, расположенный на конце бурильной головки, создает бурю направление и удерживает его по оси бурения. Заслонки препятствуют просыпке грунта при выемке грунта из скважины. Бур крепится к нижнему концу бурильной штанги с помощью пальца.

Шнековый (винтовой) бур (рис. 7.38, б) представляет собой трубчатый остов 10 с винтовыми транспортирующими грунт спиралями в виде сплошной

ленты 11. Шнек имеет хвостовик 12 для крепления на конце бурильной штанги. К шнеку крепится сменная бурильная головка 9 с резцами 8 и забурником 7.

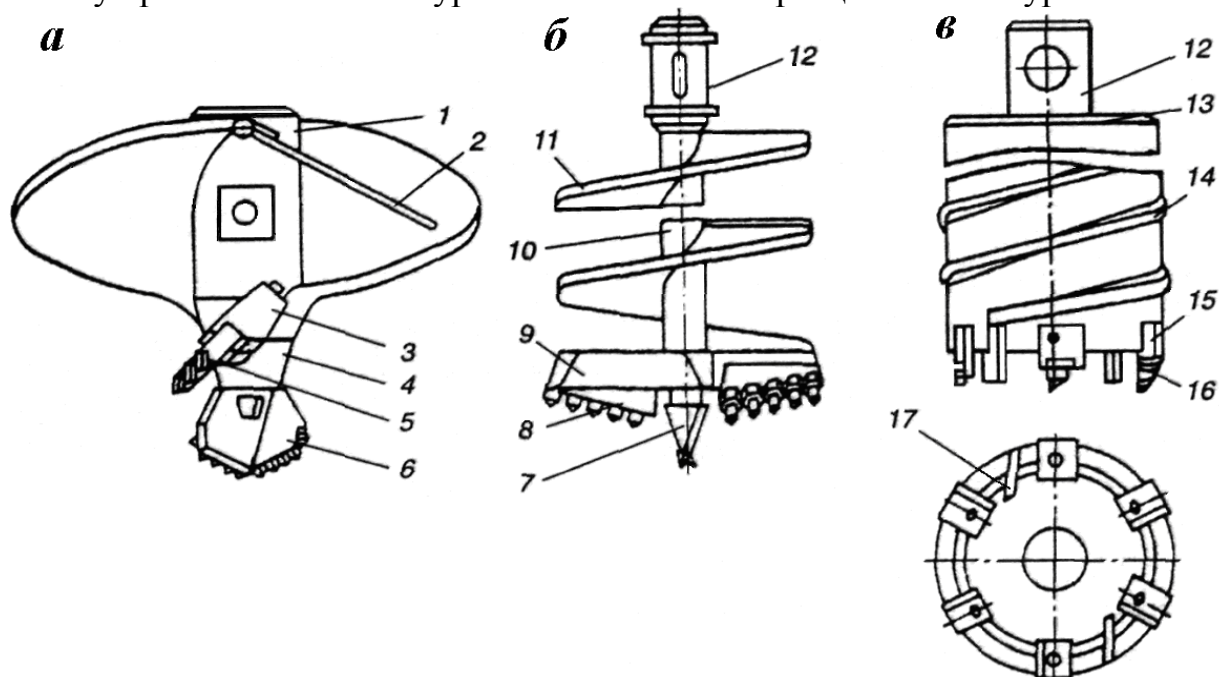


Рис. 7.38. Бурь бурильно-крановых машин:

а – лопастной; *б* – шнековый; *в* – кольцевой

Кольцевой бур (рис. 7.38, *в*) разрушает грунт по периферии и формирует кольцевую щель, отделяющую керна от массива. Бур состоит из корпуса 13 в виде трубы, на нижней торцевой части которой равномерно расположены кулачки 15 с резцами 16. Поверхность корпуса бура снабжена винтовыми лопастями 14, транспортирующими разрушенный грунт (породу) из кольцевой щели на дневную поверхность. Две отклоняющие планки 17 отбрасывают разрушенный грунт к наружной стенке кольцевой щели. При бурении скважин в мерзлых грунтах применяют резцы и забурники, армированные твердосплавными пластинками. Бурение скважин осуществляется при вращении бурильного инструмента с одновременным его движением вниз. В процессе бурения скважина необходимой глубины образуется за несколько повторяющихся циклов, каждый из которых включает последовательно выполняемые операции бурения, подъема бурильного инструмента на дневную поверхность, его разгрузку и возврат в забой. Для бурения скважин различных диаметров каждая бурильно-крановая машина комплектуется набором сменного бурильного инструмента.

Неповоротная бурильно-крановая машина (рис. 7.39) на базе автомобиля предназначена для бурения в талых и сезонного промерзания грунтах I...IV категорий скважин. Производительность неповоротных бурильно-крановых машин 3,6..4,5 опор/ч, максимальная глубина бурения 2,0...3,0 м, угол бурения 62...105°, диаметр бурения 0,36...0,6 м, грузоподъемность кранового оборудования 1,25 т, максимальная длина устанавливаемых столбов, свай, опор и других элементов – 10...12 м.

На базовом автомобиле 1 на специальной раме закреплены бурильно-крановое оборудование, механическая трансмиссия, гидросистема,

электрооборудование и выносные опоры с гидродомкратами 8. Бурильная мачта 3 шарнирно установлена на кронштейнах и удерживается гидроцилиндром 2, поворачивающим ее в продольно-вертикальной плоскости машины при установке оборудования в транспортное и рабочее положение. В транспортном положении бурильное оборудование укладывается на опорную стойку.

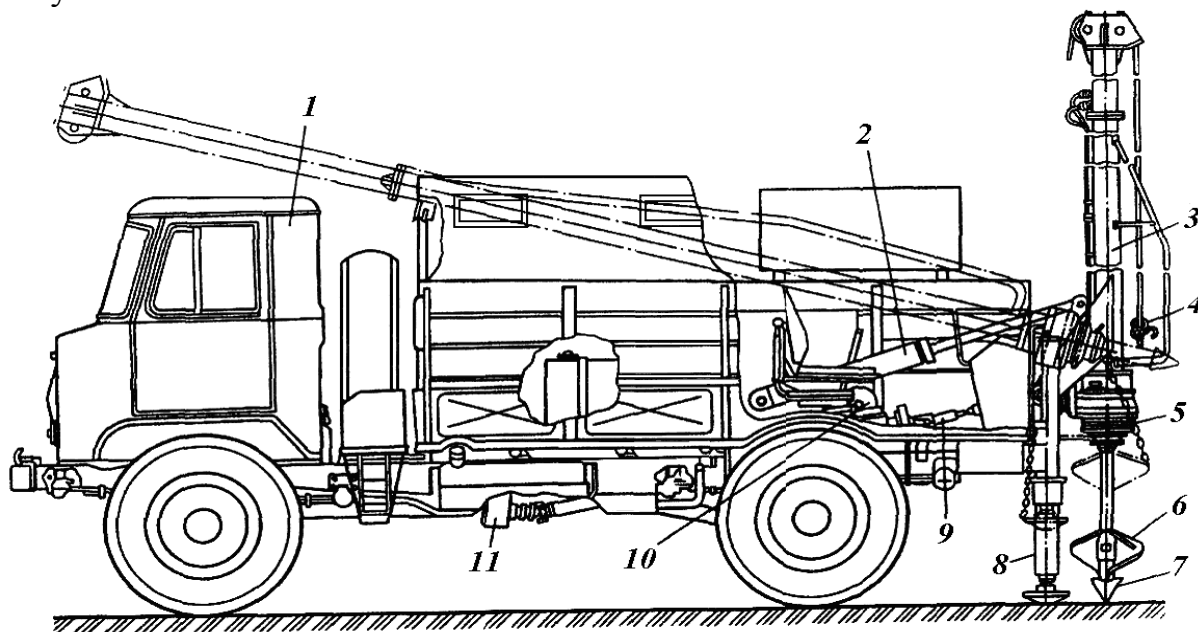


Рис. 7.39. Неповоротная бурильно-крановая машина

Бурильно-крановое оборудование включает бурильную мачту 3 с оголовком, штангу с бурильным инструментом в виде лопастного бура 6 с забурником 7 и резцами, гидравлический механизм подачи бурильного инструмента на забой и извлечения его из скважины, вращатель 5 штанги и однобарабанную червячную реверсивную лебедку для установки опор в пробуренную скважину. Подача и извлечение штанги с бурильным инструментом осуществляется гидроцилиндром двойного действия, смонтированным внутри бурильной мачты. Штанга перемещается по поршню со штоком, закрепленным в верхней части бурильной мачты. Вращатель 5 – гипоидный конический редуктор, приводится в действие от коробки отбора мощности 11 автомобиля через раздаточную коробку 10, фрикцион, управляемый гидроцилиндром, и карданный вал 9.

Канат грузового полиспаста с крюковой обоймой 4 закреплен на барабане реверсивной червячной лебедки, привод которой осуществляется от раздаточной коробки. Раздаточная коробка обеспечивает три частоты вращения бура ($1,75$; $2,43$ и $3,03 \text{ с}^{-1}$) в зависимости от прочности разрабатываемого грунта, а также реверс бурильного инструмента и барабана лебедки. При работе машина опирается на две выносные опоры 8, разгружающие задний мост базового автомобиля. Гидроцилиндры механизмов установки мачты и подачи бурильного инструмента, управления фрикционной муфтой и выносных опор обслуживаются шестеренным насосом, приводимым в действие от раздаточной коробки. Управление бурильно-крановым оборудованием осуществляется с пульта, расположенного в кузове у рабочего места оператора.

Бурильно-крановая машина с поворотным в плане рабочим оборудованием (рис. 7.40) смонтирована на шасси автомобиля 3 и предназначена для бурения скважин диаметром 0,63 м на глубину до 15 м в талых и мерзлых грунтах.

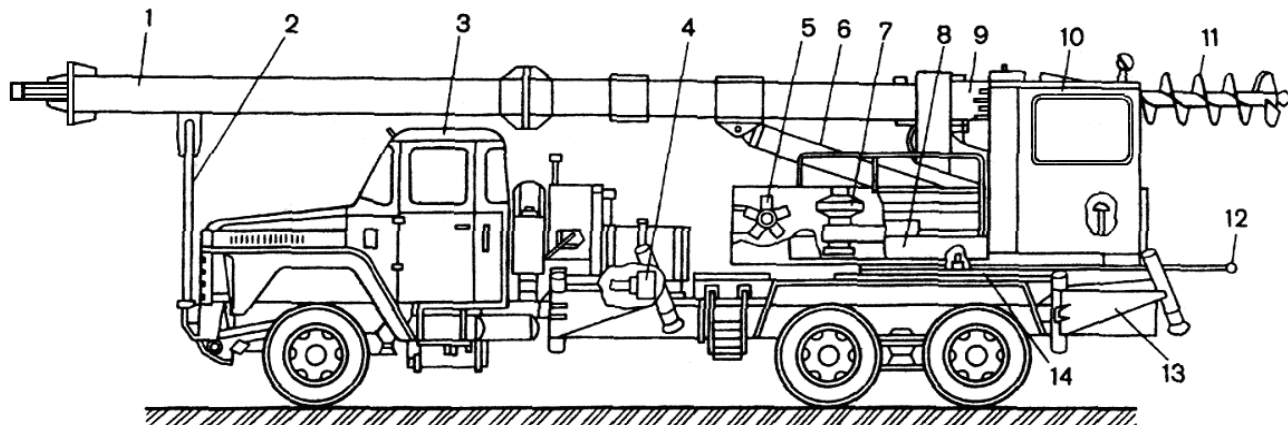


Рис. 7.40 Поворотная бурильно-крановая машина

На раме базовой машины 3 смонтированы насосная станция 4, опорная стойка 2 мачты 1 выносные опоры 13, снабженные опорными гидродомкратами и гидроцилиндрами поворота опоры, на которые машина опирается при бурении. На поворотной платформе 8 с роликовым опорно-поворотным устройством 14 размещены бурильно-крановое оборудование, лебедка 5 спуско-подъемного механизма, гидравлический механизм 6 подъема-опускания мачты, механизм 7 поворота платформы, указатель 12 центра скважины и кабина 10 машиниста. Поворотное в плане рабочее оборудование обеспечивает быструю наводку оборудования на точку бурения и возможность бурения нескольких скважин с одной позиции машины, что существенно повышает ее производительность. Буровое оборудование машины включает шарнирно закрепленную на поворотной платформе мачту 1, на которой смонтированы вращатель 9, штанга со сменным буровым инструментом – шнековым буром 11 и гидравлический механизм подачи бурового инструмента на забой и извлечения его из скважины.

Телескопическая штанга 9 (рис. 7.41), на нижнем конце которой крепится сменный шнековый бур 10, пропущена через вращатель и шарнирно соединена с вертлюгом 5. Она служит для направленного перемещения штанги. Вертлюг подвешен на канате, сходящем с барабана 3 лебедки. Вращатель обеспечивает вращение штанги от двух гидромоторов 11 через двухскоростной одноступенчатый редуктор 8.

Принудительная подача бурового инструмента в забой производится гидравлическим механизмом зажима и подачи штанги, основным узлом которого является патрон 7, подвешенный к штокам двух гидроцилиндров 6. В процессе бурения патрон зажимает штангу, а гидроцилиндры подают ее в забой. Скорости подачи и вращения бура меняются с помощью гидравлического привода бесступенчато в зависимости от физико-механических свойств разрабатываемого грунта.

Подъем и опускание штанги с буровым инструментом при бурении скважин и выемке грунта обеспечиваются однобарабанной лебедкой, привод барабана 3 которой осуществляется от высокомоментного гидромотора 1 через одноступенчатый планетарный редуктор 4. Лебедка оснащена ленточным тормозом 2.

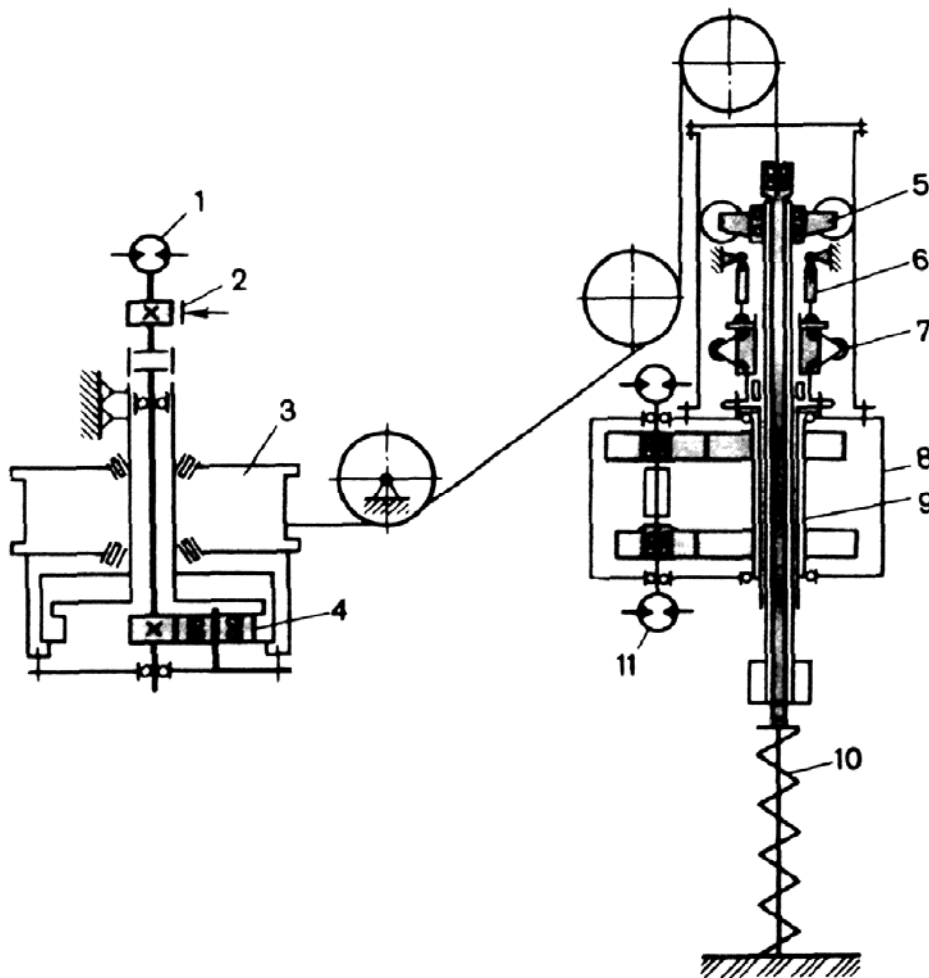


Рис. 7.41. Кинематическая схема бурильно-кранового оборудования

Поворот платформы с бурильно-крановым оборудованием в плане обеспечивается механизмом поворота, включающим высокомоментный гидромотор, ленточный тормоз и одноступенчатый зубчатый редуктор, на выходном валу которого закреплена поворотная шестерня, входящая в зацепление с зубчатым венцом опорно-поворотного круга.

Гидромоторы лебедки, вращателя и механизма поворота, гидроцилиндры подъема-опускания мачты, механизма подачи бурового инструмента, выносных опор и переключения передач вращателя обслуживаются тремя гидронасосами насосной станции, привод которых осуществляется от раздаточной коробки базовой машины через карданный вал и одноступенчатый редуктор. Включение привода насосной станции осуществляется из кабины автомобиля, а управление процессом бурения и установки машины – из кабины машиниста.

Для бурения скважин диаметром 0,36...1,0 м без применения обсадных труб под свайные основания и фундаменты зданий и сооружений применяют навесное бурильное оборудование на серийные гидравлические экскаваторы

4-й и 5-й размерных групп, основным бурильным инструментом которого служат сменные шнековые буры.

Навесное бурильное оборудование к экскаватору четвертой размерной группы предназначено для бурения вертикальных и круто наклонных скважин диаметром 0,36...0,63 м на глубину до 15 м под свайные фундаменты в немерзлых, сезонно-мерзлых и вечноммерзлых грунтах, содержащих до 45% гравийно-галечниковых включений с фракциями до 50 мм в поперечнике. Навесное бурильное оборудование унифицировано с бурильным оборудованием бурильно-крановой машины и монтируется на кронштейне навески в виде сварной рамной конструкции, прикрепленной к поворотной платформе экскаватора с помощью двух цапф. В состав бурильного оборудования входят двухсекционная бурильная мачта, гидроцилиндры изменения угла наклона мачты, механизмы вращения и рабочей подачи бура, спускоподъемный механизм, телескопическая бурильная штанга, сменный бурильный инструмент и гидрооборудование. Навесное оборудование комплектуется тремя короткошнековыми бурами диаметром 0,36; 0,5 и 0,63 м, сменные режущие элементы которых (резцы и забурники) армируются твердосплавными пластинами. Для привода всех механизмов бурильного оборудования используется насосная станция базового экскаватора. Управление навесным бурильным оборудованием ведется из кабины экскаватора.

Бурильное оборудование на гидравлическом экскаваторе пятой размерной группы (рис. 7.42, а) включает решетчатую мачту 6, телескопическую штангу 7, лебедку 1, вращатель 10, комплект бурильного инструмента, обсадное оборудование 14, гидроцилиндры подъема-опускания мачты и перемещения вращателя. В комплект бурильного инструмента входят основной ковшовый 11 и шнековый буры, грейфер, ударное бурильное долото, бурильный расширитель, вставка и обечайки, комплект обсадных труб. Мачта 6 с оголовком 4 шарнирно крепится в проушинах поворотной платформы и переводится из транспортного положения в рабочее и обратно с помощью гидроцилиндров 12. Положение оголовка с отводными блоками 5 регулируется канатом 2. На мачте установлены направляющие, по которым с помощью длинноходового гидроцилиндра 8 перемещается вращатель бурильного инструмента. В передней части вращателя имеется площадка 9 с ограждениями и лестницей для обслуживания вращателя и удобства монтажных работ при смене рабочих органов.

Телескопическая штанга состоит из трех выдвижных секций и одновременно передает рабочему органу крутящий момент от вращателя и напорное усилие. Штанга подвешена на канате 3 лебедки 1.

При проходке скважин во влагонасыщенных грунтах со значительным содержанием гальки и валунов взамен ударного грейфера используют напорный штанговый грейфер, устанавливаемый на штангу вместо бура.

Обсадное оборудование предназначено для придания обсадным трубам качательных движений при их погружении, а также извлечения труб из грунта. Оно состоит из основания, составного хомута с гидроцилиндром зажима, двух

гидроцилиндров вертикального движения и гидроцилиндра механизма качения труб с водилом, шарнирно соединенным с хомутом. Для захвата обсадных труб и установки их в обсадном оборудовании служат сменные (в зависимости от диаметра трубы) обечайки, закрепляемые на вращателе. Правильная (без перекосов) установка обсадной трубы в обсадном оборудовании обеспечивается вкладышами соответствующего диаметра. Управление буровым оборудованием ведется из кабины машиниста экскаватора.

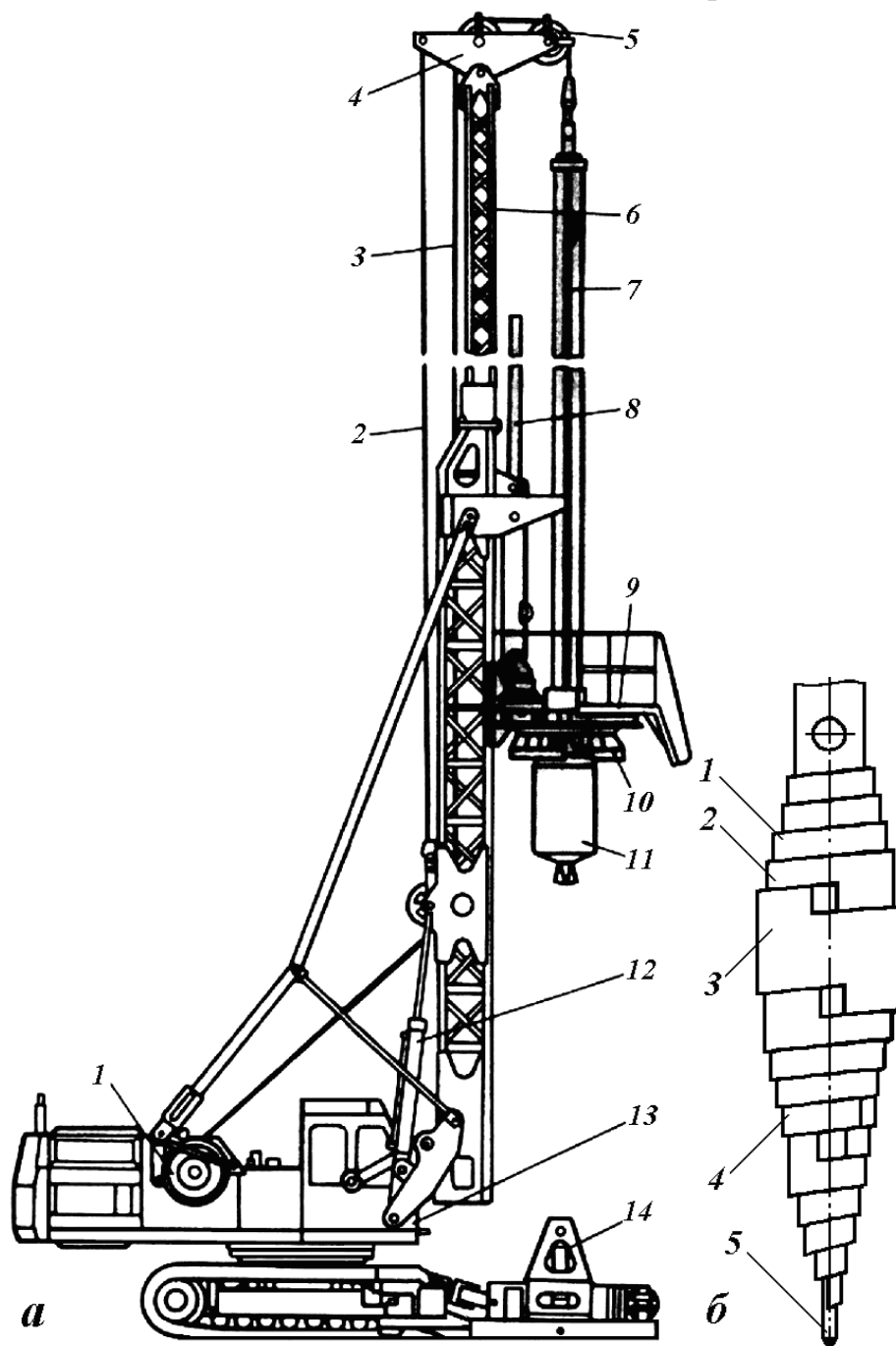


Рис. 7.42. Специализированная буровая машина для создания скважин под буронабивные сваи (а); спиралевидный снаряд (б)

Для устройства скважин без выемки грунта с уплотнением его в стенки скважин эффективно используются раскатывающие и спиралевидные винтовые снаряды, устанавливаемые вместо грейфера. При винтовом продавливании расширение скважины до заданного диаметра происходит путем непрерывного уп-

лотнения грунта под действием радиально направленных сил, создаваемых спиралевидным снарядом (рис. 7.42, б). Снаряд состоит из корпуса 2 и наконечника 5. Корпус имеет среднюю цилиндрическую часть 3, нижнюю лидирующую 4 и верхнюю 1 конические части, радиус которых ступенчато уменьшается. Раскатывающие снаряды формируют скважину диаметром до 1 м на глубину до 10 м, спиралевидные – диаметром до 0,8 м на глубину до 14 м. С помощью грейфера проходят скважины диаметром 0,65...1,0 м на глубину до 15...20 м.

7.8. Машины и оборудование для гидромеханизации земляных работ

Гидромеханизацией называют способ механизации земляных и горных работ, при котором все или основные технологические процессы выполняются за счет энергии потока воды. Этим способом в гидротехническом строительстве возводят плотины, дамбы и насыпи, разрабатывают котлованы под различные гидротехнические сооружения, каналы, углубляют водоемы и т.п., добывают и перерабатывают значительные объемы песчано-гравийных материалов, используемых для приготовления бетонных смесей, устройства фильтров и крепления земляных сооружений. В производство земляных работ средствами гидромеханизации входят: разработка грунта, транспортировка его и укладка в земляное сооружение или временный склад строительных материалов. При различных видах гидромеханизации вторая и третья операции (гидравлическая транспортировка и укладка грунта) остаются примерно одинаковыми, а первая может выполняться гидромониторами, разрушающими грунт струей воды, или механогидравлическим способом, в том числе плавучими землесосными снарядами с последующим транспортированием грунтов в потоке воды и укладкой в земляные сооружения.

При добыче песчано-гравийных материалов из обводненных месторождений одновременно происходит обогащение, транспортировка и укладывание материала. Стоимость песка и гравия, добываемых способом гидромеханизации, в 2...3 раза ниже стоимости их при добыче в сухих карьерах.

При гидромониторной разработке (рис. 7.43, а) грунт размывается струей воды, выбрасываемой под большим напором из гидромонитора 1. Размытый гидромонитором грунт вместе с водой в виде пульпы стекает в специальное углубление (зумпф) 2, откуда забирается центробежным грунтовым насосом – землесосом 3, специально приспособленным для перекачки воды с грунтом и камнями, размер которых (в зависимости от размеров и мощности землесоса) достигает 100...200 и даже 300 мм. Землесос нагнетает пульпу в трубопровод – пульповод 4 и перемещает ее к месту укладки. После дренажа воды оставшийся в зоне, ограниченной обвалованием 5, грунт образует тело земляного сооружения 6 или штабель песка, гравия, песчано-гравийной смеси для последующего использования как строительного материала. При организации гидромониторных работ стремятся максимально использовать рельеф местности, который позволяет в отдельных случаях транспортировать пульпу к месту укладки самотеком по желобам или канавам, упрощая этим состав оборудования.

При механогидравлическом способе, применяемом в условиях трудноразмываемых грунтов, предварительная разработка, т.е. отделение грунта от забоя, выполняется бульдозером или экскаватором, а затем грунт размывается гидромонитором и землесосом подается в систему. Плавающие землесосные снаряды (земснаряды) являются наиболее производительными средствами гидромеханизации, получившими большое применение для разработки грунта путем всасывания его вместе с водой, транспортировки его и укладки в земляное сооружение. Если всасывание грунта происходит с одновременным механическим рыхлением под водой, то такой способ называется рефулерным. Производительность современных земснарядов достигает $12000 \text{ м}^3/\text{ч}$ пульпы или примерно $1200 \dots 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ грунта.

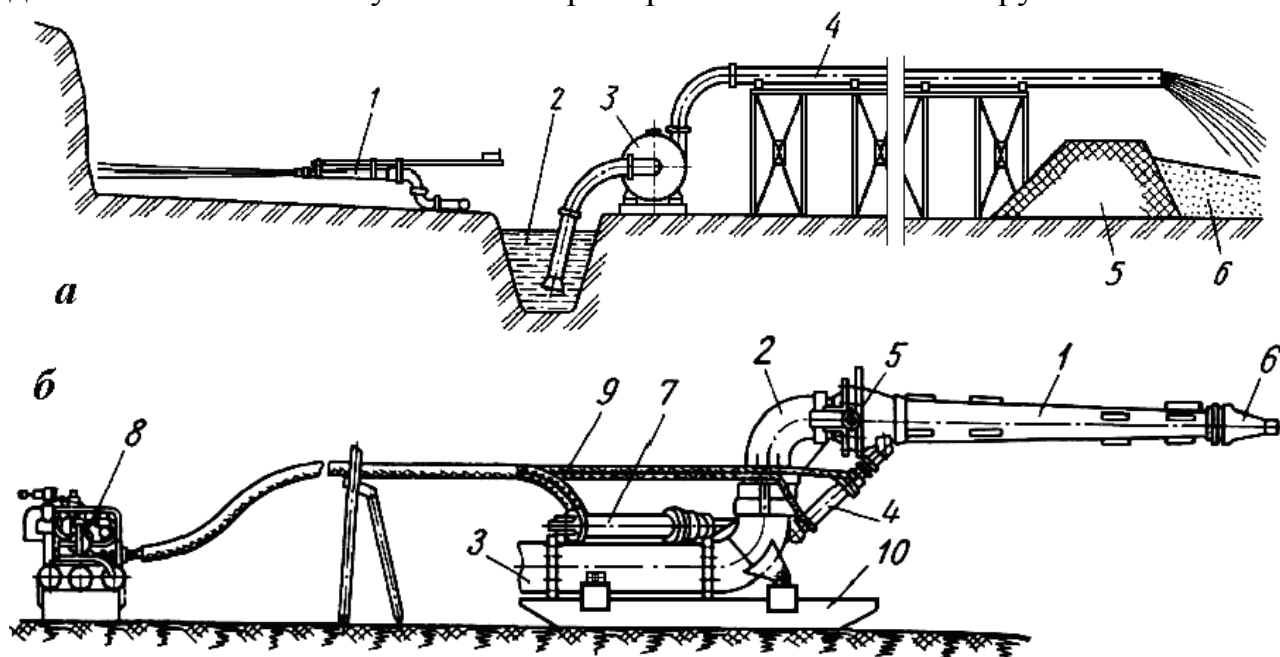


Рис. 7.43. Схема разработки грунта гидромонитором (а); гидромонитор (б)

При любом способе гидромеханизации пульпа забирается землесосом и транспортируется по трубам — пульпопроводам, которые могут быть направлены горизонтально, наклонно и вертикально. В тело земляного сооружения грунт укладывается при помощи разводящего пульпопровода. При ширине намываемой насыпи 25 м и более насыпь по длине разбивается на отдельные участки — «карты»; для менее широких насыпей применяется система намыва с центральной эстакады, на которой монтируется разводящий пульпопровод с выпускными отверстиями. Вследствие потери скорости у выхода из пульпопровода вода теряет несущую способность: грунт оседает, а осветленная вода отводится через специальные колодцы и отводящие штольни.

Гидромеханизация обеспечивает высокую производительность труда и высокое качество возводимых сооружений, не требуя искусственного уплотнения грунта при укладке его в земляное сооружение. Особенностью гидромеханизации, определяющей возможность ее применения, является зависимость от природных условий, т.е. от наличия водных ресурсов и грунта, хорошо поддающегося размыву. Наряду с оборудованием общего назначения (водяные насосы, силовое оборудование, трубопроводы и трубная арматура),

для гидравлической разработки и транспортировки грунта применяется специальное оборудование: гидромониторы, землесосы, рыхлители на плавучих землесосных снарядах и др.

Гидромониторы. При гидромониторной разработке разрушение грунта происходит в результате сложного процесса, сочетающего в себе: гидродинамическое воздействие кинетической энергии струи и гидростатическое разрушение грунта совместно с физическим воздействием (смачиванием, растворением и т.д.), а также за счет повышенного давления в порах и трещинах. Вода к гидромонитору подается центробежными насосами. Давление струи в гидромониторе составляет $80...360 \text{ Н/см}^2$; скорость движения воды достигается 150 м/с . Для размыва 1 м^3 грунта требуется $3...15 \text{ м}^3$ воды; меньшее значение соответствует мелкозернистым песчаным грунтам.

Основными частями гидромонитора (рис. 7.43, б) являются: нижнее колено 3, установленное на салазках 10, верхнее колено 2, имеющее возможность вращаться на 360° относительно нижнего, и ствол 1 с насадкой 6. Ствол присоединен к верхнему колену через шарнир 5, что позволяет с помощью гидроцилиндра 4 изменять положение ствола относительно верхнего колена в вертикальной плоскости на угол до 90° . Для поворота ствола гидромонитора в горизонтальной плоскости на угол до 120° служит гидроцилиндр 7.

Расстояние от гидромонитора до размываемого грунта по условиям техники безопасности должно быть не менее высоты забоя.

Для управления мощными гидромониторами применяются поворотные наконечники-дефлекторы. Наличие шарового шарнира и ручки управления позволяет повернуть дефлектор. При этом ствол гидромонитора поворачивается силой реакции воздействия струи на стенку ствола. Управление гидроцилиндрами дистанционное, что позволяет увеличить эффективность разработки грунта за счет установки гидромонитора вблизи размываемой стенки забоя. Гидромониторная установка соединена с пультом управления 8 напорными рукавами 9 длиной до 35 м.

Пульт дистанционного управления рассчитан на два гидромонитора. С его помощью управляют подъемом и поворотом стволов обоих гидромониторов, входящих в комплект установки. Он состоит из масляного бака, лопастного насоса, пластинчатого фильтра, предохранительного клапана, двух дросселей, манометра и четырех кранов управления (для двух гидромониторов).

Максимальная дальность полета струи гидромонитора определяется из выражения

$$L_{\max} = kH_0 \sin \varphi, \text{ м.}$$

Практически рыхлые породы разрабатываются при длине струи

$$L = (0,25...0,3)H_0, \text{ м,}$$

где H_0 – напор у насадки в м; φ – угол наклона ствола гидромонитора к горизонту; k – коэффициент сопротивления воздуха, $k = 0,90...0,95$.

Удельный расход воды на разработку 1 м^3 грунта q тоже зависит от свойств породы. Для мелкозернистых песков он равен 5 м^3 , для

крупнозернистых песков и супесей – $6...9 \text{ м}^3$, а для глин доходит до 14 м^3 . От удельного расхода воды зависит основной показатель – производительность гидромонитора по породе:

$$Q = Q_1 / q \text{ (м}^3/\text{ч)},$$

где Q_1 – расход воды через гидромонитор в $\text{м}^3/\text{ч}$; q – удельный расход воды в м^3 .

При увеличении высоты забоя удельный расход воды уменьшается, но вместе с тем увеличивается необходимый напор.

Напор струи у насадки гидромонитора зависит от разрабатываемого грунта и составляет (в м вод. ст.): для тяжелого суглинка и глины – $100...150$; для среднего суглинка и супеси – $70...100$; для песка – $50...70$.

Для обеспечения работы гидромониторов применяются центробежные насосы. Обычно в гидромеханизации применяются несамовсасывающие центробежные насосы, поэтому перед началом работы всасывающий шланг и корпус насоса должны заливаться водой, которая вытеснит находящийся в них воздух.

Большинство применяемых насосов – одноступенчатые с двусторонним входом воды в рабочее колесо, что предотвращает его осевой сдвиг. В основном применяются насосы с производительностью $180...4700 \text{ м}^3/\text{ч}$, с манометрическим напором $10...90$ м вод. ст., при скорости рабочего колеса $700...2960$ об/мин. Мощность на валу насосов в зависимости от производительности и напора определяется по формуле:

$$N = QHk_3 / 102\eta \cdot 3,6 \text{ кВт},$$

где Q – производительность насоса в $\text{м}^3/\text{ч}$; H – напор, развиваемый насосом, в м вод. ст.; k_3 – коэффициент запаса мощности: $k_3 = 1,3...1,35$ для мелких, $k_3 = 1,1...1,15$ для крупных насосов; η – к.п.д. насоса.

Гидравлический транспорт грунта может быть безнапорным (самотечным) и напорным, при котором вода с грунтом движется под давлением.

Взвешивание частиц грунта в потоке воды происходит за счет вихревых движений, возникающих при достаточно большой скорости потока. Критической называют скорость, предшествующую началу осаждения частиц породы данной крупности. Условием самотечного гидротранспорта является наличие уклона, обеспечивающего скорость движения пульпы выше критической:

$$i \leq (H_1 - H_2) / L,$$

где i – необходимый уклон для транспортировки пульпы; H_1 – высотная отметка для карьера в м; H_2 – высотная отметка верха отвалов в м; L – длина лотка или канавы.

Для транспортировки пульпы с глинистыми породами по лоткам необходим минимальный уклон $0,015...0,025$, для песка $0,03...0,05$, для гравия $0,04...0,09$. При использовании открытых земляных канав уклоны должны быть больше на $20...30\%$.

Напорный гидротранспорт осуществляется по трубам-пульпопроводам с помощью землесосов.

Землесос – центробежный насос, перекачивающий пульпу. Рабочим органом землесоса (рис. 7.44) является рабочее колесо 2, имеющее две-три

лопатки. Рабочее колесо вращается валом 3 от электродвигателя через соединительную муфту. Пульпа по всасывающему патрубку 4 попадает на лопатки рабочего колеса и отбрасывается через напорный патрубок в нагнетательный трубопровод, присоединяемый к корпусу 1 землесоса. Наиболее изнашиваемые детали землесоса изготавливают из марганцовистой стали с содержанием марганца 12...14% или покрывают твердым сплавом.

По сравнению с центробежными водяными насосами грунтовые насосы обладают более низкой всасывающей способностью. Это обусловлено тем, что в статическом состоянии находящаяся во всасывающем трубопроводе пульпа имеет большую плотность по сравнению с плотностью воды. В соответствии с принципом сообщающихся сосудов, коими являются водоем и внутренняя полость всасывающего трубопровода, уровень пульпы в последнем будет ниже уровня воды в водоеме. Предельная вакуумметрическая высота всасывания грунтовых насосов, ограниченная возможностью возникновения кавитации, составляет 4...6,8 м.

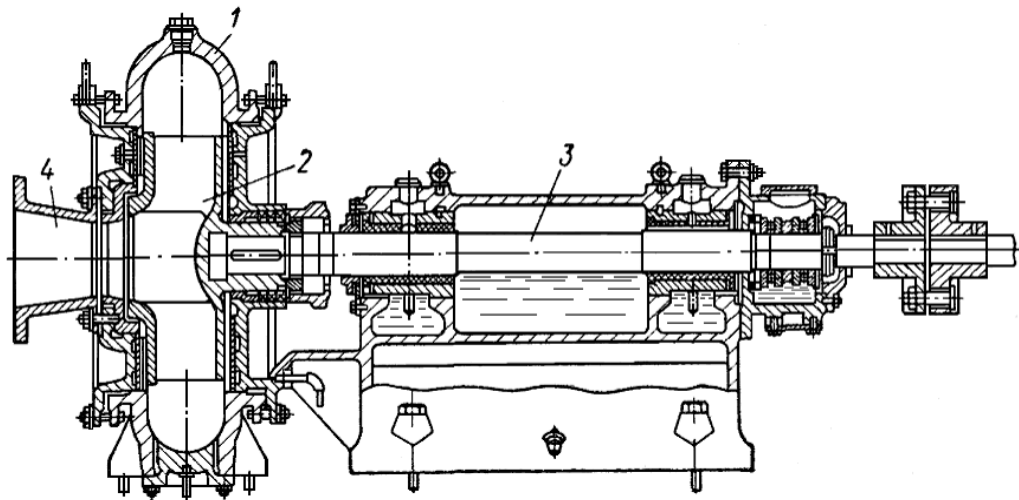


Рис. 7.44. Землесос

Кавитация заметно снижает к.п.д. насосов, который в лучшем случае при правильно отрегулированных зазорах и сальниковом уплотнении ведущего вала не превышает 0,7. Более низкое его значение по сравнению с к.п.д. водяных насосов объясняется увеличенными зазорами (объемный к.п.д.), неоптимальными в смысле гидравлики формами и сечениями проточной части насоса, обеспечивающими беспрепятственный пропуск крупных включений (гидравлический к.п.д.), а также повышенным трением в сопрягаемых парах из-за наличия в пульпе грунтовых частиц (механический к.п.д.). С учетом этих факторов при определении мощности двигателя для грунтового насоса рекомендуется принимать полный к.п.д. равным 0,6.

Производительность землесосов определяют по формуле:

$$Q = 3600 \frac{\pi d^2}{4} v \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

где d – диаметр пульпопровода в м; v – скорость транспортировки пульпы в м/сек (табл. 7.6).

Таблица 7.6

Средние скорости м/с, необходимые для гидротранспортировки пульпы

Диаметр пульпопровода в мм	Глины и суглинки	Супеси, мелкие и средние пески	Крупные пески	
			с небольшим содержанием гравия	с большим содержанием гравия
250	1,7	2,0	2,5	2,8
350	2,1	2,2	3,0	3,4
400	2,35	2,6	3,6	4,0
600	2,7	3,2	4,2	4,6

Грунтовые насосы характеризуются сравнительно невысоким давлением (до 0,8 МПа). При необходимости увеличения напора их устанавливают последовательно, а при недостаточной подаче – параллельно с объединением напорных трубопроводов одним пульповодом.

Необходимый напор

$$H = H_{\Delta} + Lik_n,$$

где H_{Δ} – геодезическая разность отметок землесоса и отвала; k_n – коэффициент увеличения потерь напора для пульпы; i – гидравлический уклон, определяемый по эмпирическому уравнению:

$$i = v^2 / cR,$$

где v – скорость движения воды; R – гидравлический радиус, равный отношению площади сечения трубы к его периметру: $R = F/P$; c – коэффициент, учитывающий шероховатость стенок, который можно определить по формуле:

$$c = \sqrt[6]{R/m},$$

где m – коэффициент, принимаемый для труб, бывших в употреблении, равным 0,012.

Коэффициент увеличения потерь напора для пульпы k_n зависит от консистенции пульпы.

Консистенция пульпы.....	1:3	1:5	1:8	1:10
k_n	1,6	1,5	1,3	1,2

Гидроукладка грунта достигается путем придания потоку пульпы скорости, при которой частицы выпадают из потока и откладываются на намываемой поверхности. Осветленная вода отводится с помощью специальных колодцев. Скорость потока, необходимая для выпадения из него частиц породы, зависит от их крупности. По мере снижения скорости происходит фракционирование породы. Первыми выпадают наиболее крупные фракции. Наибольшие скорости потока, при которых начинается выпадение частиц, следующие:

Крупность в мм.....	1,0	0,6	0,2	0,06	0,001
Скорость потока в м/с.....	1,2	0,7	0,25	0,045	0,081

При намыве дамб, насыпей и других сооружений обычно производят обвалование с обеих сторон намываемого сооружения – так называемый двусторонний намыв. Это позволяет получать откосы с заложением 1:3...1:5. Если не производить обвалования, расход грунта резко увеличивается, так как уклоны свободного откоса при намыве песком равны 0,04...0,1 в зависимости от крупности частиц, а для супесей, суглинков и глин доходят до 0,007...0,02.

Мощность, расходуемая землесосом, определяется по формуле:

$$N = W_{\text{уд}} \Pi_{\Gamma} / 102 \eta \text{ кВт};$$

$$W_{\text{уд}} = 3(L + 0,04H_{\Delta}) \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3,$$

где $W_{\text{уд}}$ – удельный расход электроэнергии на транспортирование 1 м³ грунта; Π_{Γ} – количество перемещаемого грунта в м³/ч; η – к.п.д. землесоса; L – дальность транспортирования в м; H_{Δ} – геодезическая разность отметок землесоса и отвала.

Землесосные снаряды служат для подводной разработки грунтов, его извлечения из-под воды и перекачивания в смеси с водой к месту укладки. В гидротехническом строительстве земснарядами разрабатывают котлованы под гидротехнические сооружения, возводят плотины и другие насыпи, разрабатывают песчано-гравийные месторождения. В отличие от дноуглубительных земснарядов, применяемых в речном хозяйстве, строительные земснаряды не приспособлены для работы на судоходных фарватерах и чаще всего не имеют автономных силовых установок, а их насосы рассчитаны на обеспечение больших напоров.

Земснаряды оборудованы устройствами грунтозабора и транспортирования пульпы. В состав грунтозаборных устройств входят гидромониторы для гидравлического разрыхления грунта или механические рыхлители. Легкие грунты всасываются в потоке воды без предварительного рыхления. В качестве всасывающих агрегатов применяют в основном грунтовые насосы. Они же служат для подачи пульпы в пульповод и поддержания в нем необходимого напора для ее транспортирования. Известны также водоструйные (эжекторные) всасывающие агрегаты, а также агрегаты, выполненные на основе эрлифтов (см. ниже). Транспортная система представляет собой плавучий (на понтонах) или подвесной (на стреле, управляемой с земснаряда) пульповод.

Большей частью земснаряды длительное время работают на одном строительном объекте или карьере, чем предопределяются условия их энергообеспечения. Эти земснаряды питаются электроэнергией от внешней электросети. При смене строительного объекта земснаряд перемещают по воде буксиром. Земснаряды, часто меняющие строительные объекты, оборудованы автономными дизель-электрическими установками, обеспечивающими независимое перемещение без связи с внешними энергоисточниками. На некоторых земснарядах, питаемых электроэнергией от внешней сети, установлены резервные дизель-генераторные агрегаты мощностью 50...100 кВт, которые используют для освещения, для приведения земснарядов в транспортное положение и проведения на них ремонтно-наладочных работ, когда снаряд не может быть обеспечен электроэнергией с берега. Для возможности перебазирования земснарядов по суше и частого монтажа и демонтажа их корпуса делают сборно-разборными из отдельных понтонов и секций, способных самостоятельно удерживаться на плаву.

Земснаряд (рис. 7.45) состоит из понтона 9 с землесосом 10, свай 1, стрелы 4 с приемно-рыхлительным устройством 3, состоящим из фермы, фрезерного рыхлителя и его привода. Для подъема и опускания фермы с рыхлителем установлена лебедка 2 с полиспастом 5. Вращающийся рыхлитель разрушает грунт. Подготовленный грунт по всасывающему трубопроводу 8

поступает к землесосу, которым транспортируется к месту укладки по пульпопроводу 6, смонтированному на понтонах. Лебедки 7 служат для управления носовыми канатами при повороте земснаряда относительно опущенной сваи, лебедки 11 – для подъема свай. Кроме этого на палубе установлены две станковые лебедки 12 (носовая и кормовая). Землесос приводится в действие электродвигателем 13 мощностью 440 кВт. На земснаряде для обслуживания механизмов имеется мостовой кран 14 грузоподъемностью 25 т.

В процессе разработки грунта земснарядом нижний конец грунтозаборного устройства непрерывно перемещается по дну водоема, оставляя после себя выработку в виде узкой полосы. Эти перемещения осуществляются вместе с рабочими перемещениями всего земснаряда, называемыми папильонированием (от фр. *papillon* – бабочка) и выполняемыми в определенном порядке. Различают продольное, совпадающее с продольной вертикальной плоскостью симметрии земснаряда, или траншейное и поперечное папильонирование. В результате продольной (траншейной) проходки на дне водоема образуется прямая в плане траншея, которая может быть расширена параллельными проходками при смещении земснаряда в поперечном направлении на каждом новом заходе. При поперечном папильонировании нижний конец грунтозаборного устройства перемещается по дуге, вращаясь относительно некоторой вертикальной оси. По достижении крайнего положения земснаряд перемещается вперед примерно на ширину полученной за одну проходку выемки, после чего поперечное перемещение повторяется в обратном направлении, и т.д. Такой способ папильонирования называют веерным.

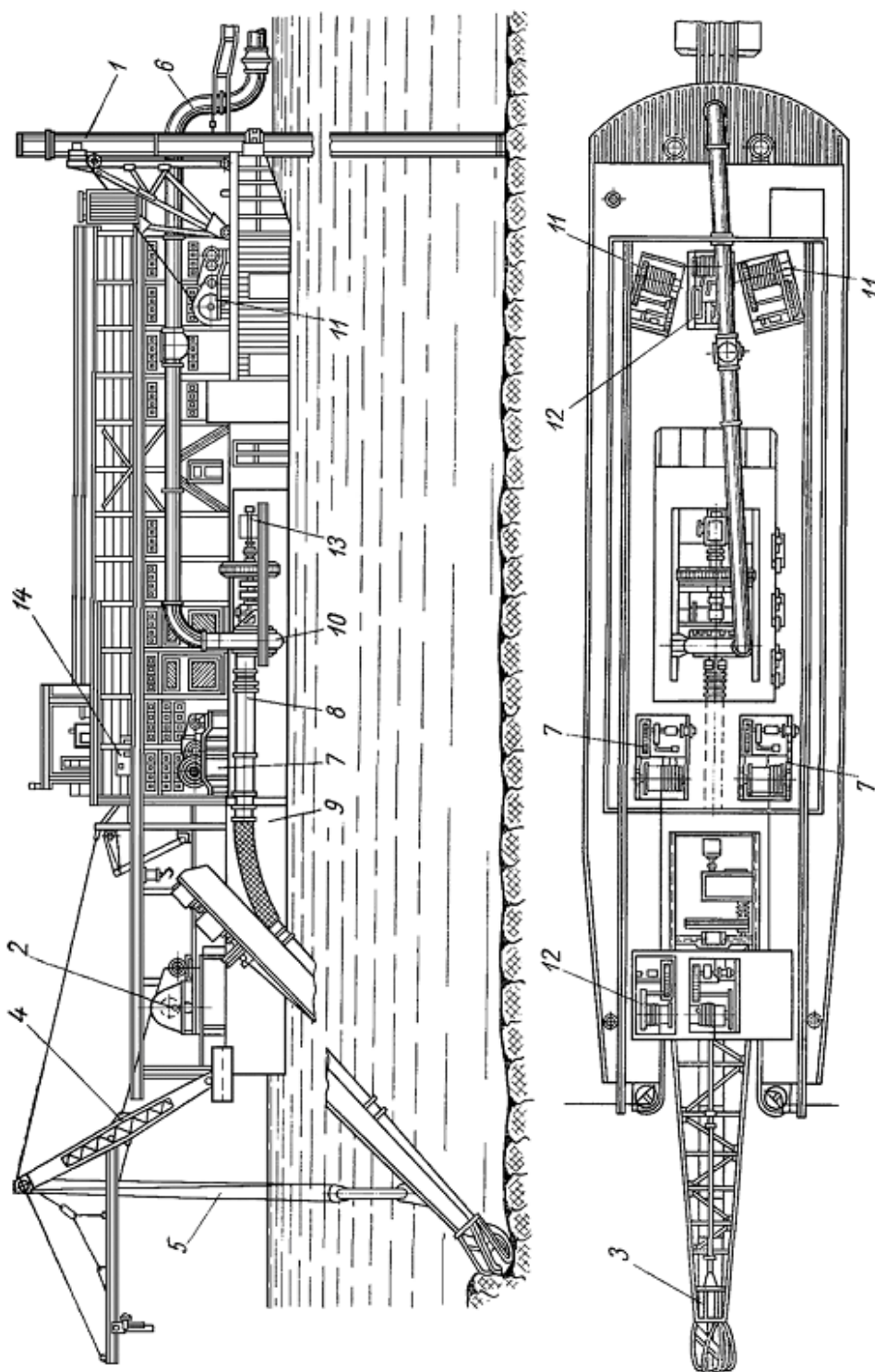


Рис. 7.45. Земснаряд

Описанные перемещения обеспечиваются работой только папильонажных лебедок, расположенных в носовой и кормовой частях земснаряда, или одновременной работой лебедок и двух свай, расположенных за кормой.

В первом случае основное рабочее движение по направлению траншеи обеспечивается подтягиванием земснаряда на заякоренном перед ним канате становой лебедки. Остальные папильонажные лебедки, также с заякоренными канатами, корректируют направление этого движения. Для возвратного движения используют кормовой становой канат, а для перемещения на позицию параллельной траншеи – боковые папильонажные канаты. При

вверном папильонировании задними папильонажными канатами фиксируется средняя точка кормы, относительно которой канатами от носовых боковых лебедок осуществляется вращательное в плане движение земснаряда в одном, а затем в обратном направлениях (рис. 7.46, *а*). Подача земснаряда (перемещение в направлении разработки) обеспечивается согласованной работой носовых и кормовых лебедок. Из-за неравномерности сопротивлений папильонажным перемещениям земснаряда при канатном папильонировании не удается добиться четкого направления перемещения грунтозаборного устройства. Лучшие результаты дает свайное папильонирование с применением так называемого аппарата свайного хода. Для этого земснаряд оборудуют двумя трубчатыми сваями *1* (рис. 7.45) с массивными заостренными нижними наконечниками. Сваи устанавливают в направляющих за кормой. Свайное папильонирование заключается в поочередном вращении земснаряда папильонажными лебедками относительно одной из опущенных на дно водоема свай (см. рис. 7.46, *б*). При этом вторая свая находится в поднятом положении. В конце поворотного хода положения свай меняют и папильонируют в обратном направлении. Сваи поднимают лебедками.

При установке свай в неподвижных направляющих в начале поперечного перемещения грунтозаборное устройство проходит по полосе, уже разработанной предыдущей проходкой, а в конце хода может удаляться от последней, оставляя неразработанные участки. При разработке малослежавшихся песков без разрыхления этот недостаток практически не снижает производительности земснаряда по пульпе, но приводит к неравномерности ее консистенции. При разработке тяжелых грунтов неравномерной будет как консистенция пульпы, так и загрузка двигателей.

Более совершенную схему разработки грунта обеспечивает установка свай на принудительно передвигаемой вдоль продольной оси земснаряда каретке. На земснаряде может быть установлена только одна передвижная каретка. Вторую сваю, называемую прикольной и используемую только для перешагивания, устанавливают обычно в неподвижных направляющих.

При расчете скоростей папильонирования исходят из средней скорости (м/мин) движения грунтозаборного устройства

$$v_{\text{ср}} = \Pi_0 / (60\omega)$$

где Π_0 – производительность земснаряда по грунту; ω – площадь поперечного сечения полосы грунта, разрабатываемой за одну проходку, м².

В зависимости от вариации Π_0 и ω эти скорости могут изменяться в широких пределах 0,2...10 м/мин. Для сокращения потерь времени на маневрирование земснаряда верхний предел этой скорости увеличивают в 2...3 раза.

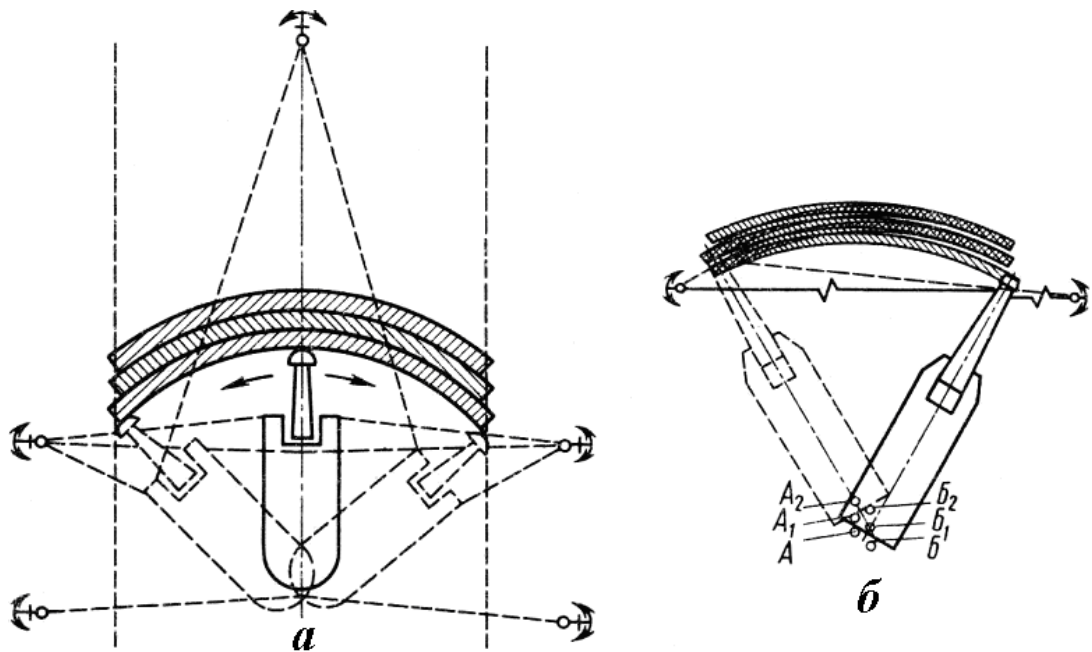


Рис. 7.46. Способы рабочих перемещений земснаряда

Тяговое усилие в канатах папильонажных лебедок должно быть достаточным для преодоления всех сопротивлений папильонажному перемещению, включая сопротивление грунта резанию, при наиболее неблагоприятных их сочетаниях.

Производительность земснаряда по пульпе определяют по подаче Q_n грунтового насоса, а для ее перевода в производительность по грунту, приведенному к состоянию естественного залегания, пользуются формулой

$$\Pi_0 = Q_n k,$$

где k – коэффициент, учитывающий консистенцию пульпы.

Последнюю определяют отношением объема грунта, приведенного к естественному состоянию, к объему воды в определенном объеме пульпы. Для более полной эксплуатационной характеристики земснаряда вместе с его производительностью приводят дальность транспортирования пульпы.

7.9. Машины для уплотнения грунтов

При разработке грунта нарушается его структура, он разрыхляется, значительно уменьшается его плотность по сравнению с той, какую грунт имел в состоянии естественного залегания.

Во избежание последующих оседаний и деформаций зданий и сооружений, обеспечения их устойчивости в течение всего срока эксплуатации грунты, на которых они возводятся, должны обладать достаточной плотностью, регламентированной СНиП и другими нормативными документами. Просадочные и насыпные грунты перед возведением на них зданий и сооружений подлежат искусственному уплотнению.

Уплотнение грунтов относится к числу наиболее важных элементов технологического процесса подготовки оснований под строительные объекты, возведения земляного полотна автомобильных дорог и т.п. От качества выполнения этого процесса зависит дальнейшая их служба. С этой целью для каждого из сооружений установлены технические требования к плотностям их

грунтов. При этом в основу оценки степени уплотнения положен метод стандартного уплотнения, и потому требования к плотностям грунтов обычно выражены в виде коэффициента уплотнения, т.е. в долях от максимальной стандартной плотности. Степень уплотнения характеризуется отношением веса единицы объема грунта после уплотнения к весу такого же объема в рыхлом состоянии и оценивается коэффициентом уплотнения k_v .

Для верхних слоев грунтов земляного полотна автомобильных дорог требования к плотностям высоки – здесь плотность грунта должна достигаться при давлениях на грунт не ниже $(0,98...1,0) \sigma_{\max}$. Для нижних слоев насыпей давление на грунт может быть снижено до $0,95 \sigma_{\max}$. Следует заметить, что достижение такой высокой плотности (давление на грунт $0,98-1,0 \sigma_{\max}$) связано со значительными трудностями и может быть достигнуто лишь при правильном выборе параметров применяемых машин и режима работы.

Процесс уплотнения (необратимого деформирования) заключается в относительном смещении частиц грунта и связан с вытеснением воздуха и воды путем внешнего силового воздействия или за счет гравитационных сил, в результате которых определенная масса грунта уменьшается в объеме, а его плотность повышается. Способность грунта к изменению объема зависит от наличия в нем пор, частично заполненных водой, а частично воздухом. При силовом воздействии эти компоненты перемещаются в менее напряженные зоны с выходом воздуха и свободной воды на поверхность. Из-за повышенной сжимаемости находящийся в порах воздух не полностью удаляется из них и, будучи сжатым, оказывает равномерное реактивное давление на сближающиеся твердые частицы грунта, способствуя их компактной укладке. После снятия нагрузки сжатый воздух расширяется, вызывая обратимую деформацию грунта. При повторных нагружениях из пор удаляется все больше воздуха, вследствие чего обратимые деформации грунта уменьшаются. Остаточная деформация, характеризующая степень уплотнения грунта, достигает наибольшего значения при первых циклах нагружений, снижаясь к концу этого процесса.

Разрыхление грунта перед его уплотнением способствует выходу воздуха и свободной воды из пор на поверхность без подповерхностного их перемещения в менее напряженные зоны, благодаря чему требуемая плотность грунта может быть достигнута меньшим числом повторных нагружений. По этой причине большинство способов уплотнения грунта являются двухэтапными, включающими разрыхление уплотняемого слоя и собственно его уплотнение.

Полученная в результате уплотнения плотность грунта существенно зависит от влажности, с повышением которой уменьшается прочность структурных связей в грунте. Максимальная плотность грунта при заданном режиме его уплотнения достигается при определенных соотношениях его твердых, жидких и газообразных компонентов.

При недостаточной влажности для достижения требуемой плотности необходимо, например, снижать толщину уплотняемого слоя. Очень сухие грунты вообще не могут быть доведены до требуемой плотности. Оптимальная влажность грунта ω , определяющая стандартное уплотнение, соответствует

работе средних машин. Оптимальная влажность, соответствующая работе тяжелых машин, обычно равна (0,8...0,9) %.

При недостатке влаги и избытке воздуха агрегаты грунта при разрыхлении разрушаются не полностью. После уплотнения в них еще остается много воздуха, вследствие чего требуемая плотность не достигается. Влажность грунта, соответствующую максимальному стандартному значению плотности называют оптимальной влажностью. Значения ее для различных грунтов приведены ниже (табл. 7.7).

Таблица 7.7

Оптимальная влажность и максимальная плотность грунтов

Грунты	Оптимальная влажность в %	Удельный вес в кН/м ³	Объем воздуха в порах в %	Объемный вес скелета грунта в г/см ³
Песчаные.....	8...14	25,7	6	2,05...1,90
Супеси:				
легкие и тяжелые.....	9...15	25,8	6	1,97...1,78
пылеватые.....	16...20	26,0	5	1,78...1,65
Суглинки: легкие.....	12...18	26,2	5	1,72...1,63
пылеватые.....	15...22	26,2	5	1,72...1,63
тяжелые и тяжелые пылеватые.....	14...20	26,3	4	1,75...1,63
Глины: пылеватые.....	16...26	26,3	4	1,75...1,63
Суглинистые черноземы	20...25	25,3	5	1,63...1,50

В зависимости от ответственности земляного сооружения коэффициент уплотнения назначают в пределах от 0,9 до 1.

При выборе уплотняющих машин и оборудования, а также при назначении режимов их работы следует учитывать некоторые особенности грунтов. В отличие от других материалов грунты относят к телам, деформации которых зависят не только от приложенной нагрузки, а также от продолжительности ее действия и скорости изменения напряженного состояния. Зависимость между напряжениями и деформациями подчиняется закону Гука лишь при медленном нагружении (менее 50 кПа/с) и только при неупрочненных связных грунтах. Во всех случаях быстрого или ударного приложения нагрузки деформации в грунте отстают от напряжений. При этом деформации продолжают расти и после того, как напряжения начнут снижаться. Такой процесс деформирования называют последствием нагружения. Доля деформаций этапа последствия в общем размере деформаций существенна. Так, при скоростях нагружения, соответствующих перекачиванию колес землеройно-транспортных машин, катков и т.п., она составляет около 50%, а в режимах работы трамбующих машин еще больше. В последнем случае деформация может достигнуть максимального значения, когда нагрузка успела снизиться до нуля. Обратимая деформация всегда запаздывает по отношению к изменению напряжений. При этом значительная часть этой деформации приходится на этап обратного упругого последствия уже после полной разгрузки. По мере роста скорости нагружения грунт

приобретает хрупкие свойства – его разрушение происходит при уменьшенных деформациях. Следует также учитывать продолжительность пауз между смежными циклами нагружений, которая должна быть достаточной для полного восстановления обратимой деформации. В противном случае из-за встречного движения грунтовых агрегатов накопленная деформация несколько снижается.

Все процессы уплотнения грунтов в строительстве полностью механизированы. Их выполняют с помощью машин и оборудования, классифицируемых по характеру силового воздействия на грунт и способу перемещения рабочего органа относительно уплотняемой зоны грунта. Различают машины статического, динамического и комбинированного действия.

Статическое воздействие реализуется в виде укатки, при которой необратимая деформация грунта развивается вследствие многократно повторяющегося действия перемещающейся нагрузки на поверхности контакта с грунтом перекатываемого по нему вальца или колеса. Динамическое воздействие имеет место при трамбовании и виброуплотнении. При трамбовании грунт уплотняется падающей массой. При этом часть кинетической энергии преобразуется в момент удара о грунт в работу для его уплотнения.

Виброуплотнение заключается в сообщении грунту колебательного движения, которое приводит к относительному смещению его частиц и более полной их упаковке. Эти движения возбуждаются колеблющимися массами, находящимися на поверхности уплотняемого грунта. При виброуплотнении рабочий орган вибратора колеблется вместе с грунтом (присоединенной массой грунта). Если возмущения превзойдут определенный предел, то виброуплотнение преобразуется в вибротрамбование с отрывом рабочего органа вибратора от грунта и частыми ударами по нему. При этом грунт будет встряхиваться, в результате чего находящаяся в нем связанная вода перейдет в свободную, благодаря чему уменьшится сопротивляемость грунта внешним нагрузкам. Этим достигается большая эффективность процесса по сравнению с другими способами уплотнения. Как разновидность виброуплотнения применяют также комбинацию этого способа с укаткой, для чего перекатываемому по грунту катку сообщают направленные вертикальные колебания.

По способу перемещения рабочего органа относительно уплотняемой зоны грунта различают самоходные машины, прицепные и полуприцепные орудия, перемещаемые за тягачом (все виды катков), машины с навесными рабочими органами (трамбовочные и вибротрамбовочные машины) и оборудование, перемещаемое за счет импульсных реактивных сил в результате наклонного силового воздействия на грунт (виброплиты).

При назначении режимов работы грунтоуплотняющего оборудования следует учитывать, что большей глубине уплотненного слоя соответствуют большие давления на поверхности контакта с грунтом рабочего органа, которые, однако, не должны быть больше предела прочности грунта. Если это

условие не удовлетворяется, то происходит разрушение структуры грунта, которое, например, в случае уплотнения укаткой, проявляется в сильном волнообразовании перед вальцами или колесами катков, выпирании грунта в стороны. Лучшее уплотнение получается в тех случаях, когда удельные давления на поверхности контакта с рабочими органами уплотняющих машин равны $(0,9 \dots 1,0) \sigma_p$. Исключением из этого правила являются машины, действие рабочих органов которых основано на глубоком проникании их в уплотняемый слой грунта (кулачковые и решетчатые катки).

Значения пределов прочности для грунтов оптимальной влажности приведены в табл. 7.8. Поскольку после каждой очередной проходки грунтоуплотняющей машины предел прочности грунта на его поверхности возрастает, то для повышения эффективности процесса целесообразно контактные давления увеличивать от прохода к проходу (для катков) или от удара к удару (для трамбующих машин). Для этого рекомендуется двухстадийное уплотнение грунта: предварительное – легкой машиной, окончательное – тяжелой. При этом общее число проходов или ударов по одному месту может быть уменьшено в среднем на 25% с сокращением стоимости работ до 30%, в том числе и за счет частичной замены тяжелых машин легкими. При уплотнении грунтов после скреперной отсыпки эффект будет еще выше вследствие того, что предварительное уплотнение грунта будет выполнено скреперами попутно с их разгрузкой.

Таблица 7.8

Пределы прочности грунтов при оптимальных влажности и плотности $k_y = 0,95$ в МПа

Грунты	Уплотнение грунтов		
	катками		трамбующими машинами с ударной частью диаметром 0,07...0,15 м
	с гладкими вальцами	на пневматических шинах	
Малосвязные (песчаные, супесчаные, пылеватые)	0,3...0,6	0,3...0,4	0,3...0,7
Средней связности (суглинистые)	0,6...1,0	0,4...0,6	0,7...1,2
Высокой связности (тяжелосуглинистые)	1,0...1,5	0,6...0,8	1,2...2,0
Весьма связные (глинистые)	1,5...1,8	0,8...1,0	2,0...2,3

Число проходов или повторения приложения нагрузки для достижения требуемой плотности зависит от толщины уплотняемого слоя (рис. 7.47). Грунт уплотняют слоями, по возможности на уровне оптимальной толщины H_0 . Для получения высокой плотности (с $k_y = 0,98 \dots 1$) толщину уплотняемого слоя снижают примерно в 2 раза по сравнению с толщиной, принимаемой при $k_y = 0,95$, в противном случае энергоемкость процесса может возрасти примерно в 1,5 раза.

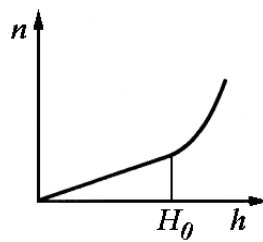


Рис. 7.47. Зависимость необходимого числа повторений приложения нагрузки от толщины уплотняемого слоя грунта

Выбор того или иного способа уплотнения зависит от характера грунта и толщины уплотняемого слоя. Связные грунты, отсыпаемые относительно тонким слоем, хорошо уплотняются катком статического действия. Такие же грунты на большую глубину можно уплотнять трамбованием. Малосвязные и сыпучие грунты лучше, всего уплотнять вибрационными машинами.

Катки статического действия бывают с металлическими вальцами (рис. 7.48) и на пневмошинах (рис. 7.49). И те и другие могут быть прицепными, полуприцепными и самоходными.

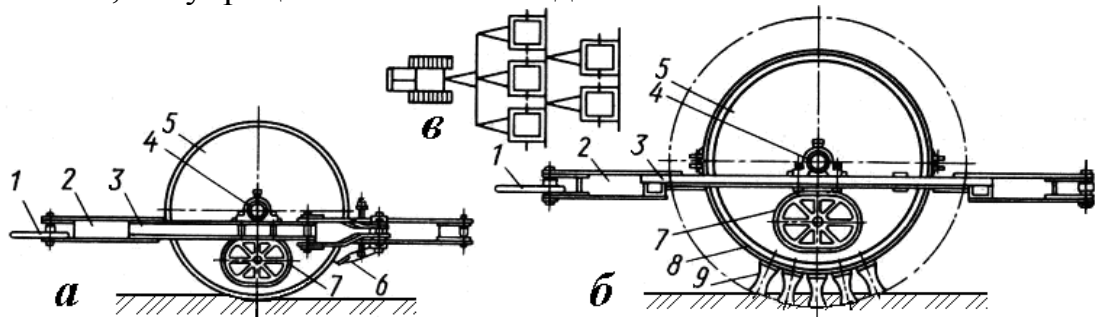


Рис. 7.48. Прицепные катки с металлическими вальцами:

а – с гладким; *б* – с кулачковым; *в* – схема соединения катков для работы в сцепе

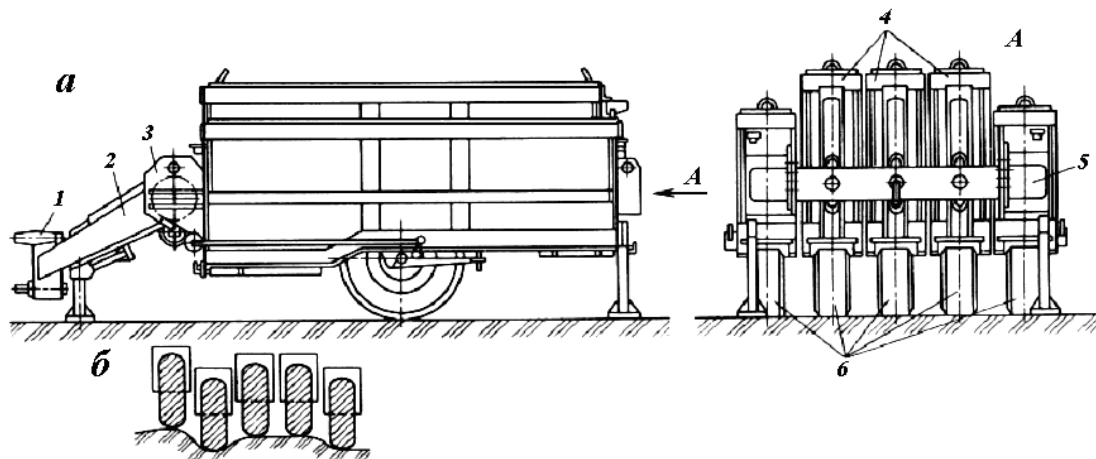


Рис. 7.49. Прицепной пневмокаток с независимой подвеской колес:

а – общий вид; *б* – схема перекатывания колес по неровностям поверхности грунта

Металлические вальцы изготавливаются в виде полых гладких, кулачковых, решетчатых или сегментных барабанов. Полость гладкого или кулачкового барабана (вальца) можно заполнять балластом – песком или водой, увеличивая вес катка. Для укатки грунта на обширных площадях используют сцепы из двух-пяти катков и более, объединенных общими траверсами (рис. 7.48, *в*).

Наиболее просты по конструкции катки с гладкими вальцами (рис. 7.48, *а*). Они состоят из гладкого пустотелого вальца 5 и охватывающей его рамы 3 с дышлом 2 и сцепным устройством 1 на конце. Ось вальца соединена с рамой через подшипники 4 на торцовых шипах. Для увеличения давления на грунт валец загружают песком через люк 7. Налипший на поверхность вальца грунт очищается скребком 6, установленным на раме. Катки этого типа перемещаются за тягачом, обычно трактором. Последовательные проходы выполняют или с разворотами, или челночным способом, для чего тягач перецепляют на противоположную сторону катка. Гладкие катки уплотняют грунт слоями 0,15...0,2 м без его разрыхления или с незначительным разрыхлением на глубину 1...3 см (в несвязных грунтах). Их применяют преимущественно для прикатки в один-два прохода поверхностей, уплотненных другими катками.

Ширину вальца рекомендуется принимать равной его диаметру или несколько (до 20%) больше этого размера. При малой ширине каток недостаточно устойчив, а при большой ширине ухудшается его маневренность на поворотах. При повышенных скоростях из-за больших сдвигающих усилий на контактной поверхности формируется менее прочная структура грунта. Наиболее рациональные скоростные режимы – перемещение катка на малой скорости (1,5...2,5 км/ч) на первом и двух последних проходах и на повышенных скоростях (8...10 км/ч) на промежуточных проходах, что обеспечивает увеличение производительности катков примерно в 2 раза по сравнению с работой в однокоростном режиме, удовлетворяющем требованиям прочности поверхности грунта.

Кулачковые катки (рис. 7.48, *б*) отличаются от катков с гладкими вальцами наличием на рабочей поверхности вальцов кулачков 9, расставленных в шахматном порядке. Кулачки приваривают или непосредственно к обечайке вальца, или к полубандажам 8, которые затем монтируют на обечайке гладкого вальца. Междурядья кулачков очищают штырями, собранными на общей балке, которая прикреплена к раме вместо скребка. Отечественная промышленность выпускает кулачковые катки массой (с балластом) до 30 т при диаметре вальцов до 2,4 м. Ширина уплотняемой полосы составляет до 2,8 м, а требуемая плотность грунта достигается за 6...10 проходов катка.

При работе кулачковых катков грунт уплотняется внедряемыми в него кулачками, а на первых проходах также поверхностью вальца. По мере уплотнения грунта кулачками на глубине при каждом новом проходе их погружение в грунт уменьшается, вследствие чего валец теряет контакт с уплотняемой поверхностью. Из-за высоких контактных давлений в конце уплотнения кулачки будут несколько погружены в грунт, вследствие чего на его поверхности останется разрыхленный слой, который при необходимости прикатывают катками с гладкими вальцами. В отличие от работы катков с гладкими вальцами, когда от прохода к проходу уплотненный слой наращивается от поверхности вглубь, кулачки начинают уплотнение на глубине, наращивая его в направлении к поверхности. Поэтому эффективность уплотнения грунта кулачковыми катками обуславливается возможностью

полного погружения кулачков в грунт на первых проходах с уменьшением этого погружения на последующих. Для этого на контактных площадках кулачков с грунтом должно быть достаточное давление для их погружения.

Однако при чрезмерном давлении в конце процесса уплотнения кулачки могут быть погружены в грунт настолько, что из-за большого слоя поверхностного разрыхления работа катка окажется нецелесообразной. Такое явление характерно при уплотнении плотных грунтов, для погружения в которые потребуются высокие контактные давления на поверхности кулачков. Но эти давления окажутся уже чрезмерными на заключительной стадии процесса. При уплотнении несвязных и малосвязных грунтов вследствие высоких напряжений происходит перемещение грунтовых частиц вверх и в стороны, вследствие чего практически невозможно достигнуть требуемой плотности. Поэтому кулачковые катки эффективно применять только для уплотнения рыхлых связных грунтов.

Минимальный поперечный размер b на опорной поверхности кулачка назначают не менее $1/4$ толщины уплотняемого слоя, а длину кулачка

$$l = 1,4H_0 + h_p - 2,5b,$$

где H_0 – оптимальная толщина уплотняемого слоя, $H_0 = 0,12 \dots 0,3$ м; h_p – допускаемая толщина слоя поверхностного разрыхления, $h_p = 0,04 \dots 0,15$ м.

На каждом 1 м^2 поверхности вальца легких и средних катков устанавливают 20...25 кулачков. Диаметр вальца назначают в зависимости от длины кулачков $D = (5,5 \dots 7) \cdot l$, а при назначении ширины вальца пользуются прежними рекомендациями для катков с гладкими вальцами. В зависимости от грунта используются кулачки различных форм. Для обеспечения требуемого контактного давления p (от 0,7...2 МПа для легких до 4...6 МПа и более для тяжелых катков) масса вальца должна быть не меньше $m = pFz'/g$. Для уплотнения легких и тяжелых суглинков, а также грунтов различной влажности требуемую массу вальца корректируют балластом. Для обеспечения $k_y = 0,95$ требуемое число проходов $n = Sk/(Fz)$, а для $k_y = 0,98 \dots 1$ требуемое число проходов увеличивают в 2...3 раза. Здесь F – площадь опорной поверхности кулачка; z' – число кулачков в одном ряду по образующей вальца; g – ускорение свободного падения; S – площадь поверхности вальца; k – коэффициент неравномерности перекрытия поверхности кулачками, в среднем $k = 1,3$; z – общее число кулачков на вальце.

Катки с решетчатыми вальцами применяют для уплотнения комковатых и переувлажненных связных грунтов, включая разрыхленные мерзлые и скальные крупнообломочные грунты, а также для измельчения и уплотнения сухих комковых грунтов. Обечайка барабана образована плетеной или сварной металлической сеткой из прутков диаметром около 4 см, образующих квадратные ячейки со стороной около 10 см. В тех же условиях применяются катки с сегментными вальцами. Обод барабана состоит из металлических колец со стальными сегментами или пластинами, расположенными на некотором расстоянии друг от друга как по ширине барабана, так и по его окружности.

Пневмоколесные катки применяют для уплотнения как грунтов, так и гравийных и щебеночных оснований, а также черных смесей и асфальтобетона. Преимуществом этих катков перед катками с жесткими вальцами является то, что при уплотнении каменных материалов они не измельчают их. Отечественная промышленность выпускает прицепные пневмоколесные катки массой до 25 т (с балластом). Ширина уплотняемой полосы достигает 2,6 м, а толщина уплотняемого слоя 0,35 м. Требуемая плотность грунта достигается за 6...10 проходов.

Прицепной пневмоколесный каток (рис. 7.49) соединяется с тягачом (трактором или автомобилем) посредством дышла 2 и сцепки 1. Он имеет четыре-шесть пневматических колес 6, соединенных с рамой через балансиры, и по числу колес несколько балластных ящиков 4. Крайние балластные ящики жестко соединены между собой передней 3 и задней 5 поперечными балками, а ось каждого из колес крепится к днищу соответствующего балластного ящика. Средние ящики балансирно закреплены на задней поперечной балке. Такая конструкция обеспечивает постоянный контакт всех колес с неровной поверхностью укатки (рис. 7,49, б) и равномерную передачу нагрузки на грунт каждым колесом. Катки с общей осью колес этими свойствами не обладают, и при их перемещении может нарушаться контакт отдельных колес с грунтом.

Пневматические шины сжимаются и по сравнению с жесткими вальцами они имеют большие площади контакта с грунтом (рис. 7.50), что повышает продолжительность нагружения грунта в каждом проходе катка и уменьшает количество проходов. Пневматические шины размещают не вплотную, а с зазорами. Наибольшая допустимая величина зазора определяется эмпирической зависимостью $e = (0,3...0,4)B$, где B – ширина шины. Если зазоры между шинами превосходят эти пределы, то наблюдается выдавливание грунта в межколесное пространство, что снижает эффективность уплотнения и увеличивает силу тяги и затрачиваемую мощность. Уплотнение имеет место не только под пневмоколесами, но между ними (зона С на рис. 7.51). В зонах А и В уплотнение произойдет в последующих проходах при смещении катка. Степень уплотнения, достигаемая пневмоколесными катками, определяется давлением воздуха в шинах, массой катка, требуемым числом проходов и оптимальной толщиной слоя уплотняемого грунта.

Полуприцепные пневмокотки для работы в агрегате с колесными тракторами и одноосными тягачами унифицированы с описанными прицепными катками с независимой подвеской и отличаются от последних лишь сцепными устройствами. Наибольшая масса выпускаемых отечественной промышленностью полуприцепных пневмокотков (с балластом) составляет 54 т при ширине уплотняемой полосы до 2,8 м и глубине уплотнения до 0,43 м. Требуемая степень уплотнения достигается за 5...10 проходов при рабочих скоростях передвижения 11...15 км/ч.

На первых проходах, когда грунт еще рыхлый, шина погружается в грунт подобно жесткому вальцу, деформируя (уплотняя) его. По мере повышения плотности грунта его деформация уменьшается, а деформация шины

увеличивается с развитием контактной поверхности, чем достигается более равномерное контактное давление.

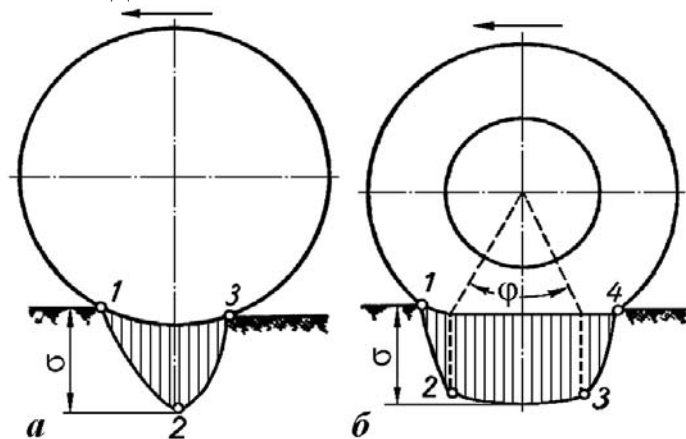


Рис. 7.50. Эпюры распределения напряжений в грунте:

а — под жестким вальцом; б — под пневмоколесом

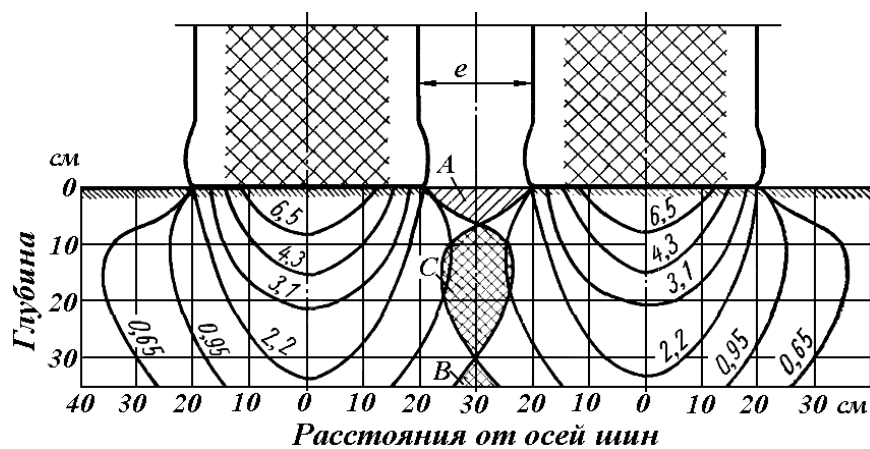


Рис. 7.51. Распределение напряжений в грунте под пневмоколесами

На самоходных пневмокатках устанавливают четыре задних и три передних колеса, располагая их в плане в шахматном порядке, что обеспечивает удовлетворительное перекрытие смежных уплотняемых полос. Нагрузка от массы машины, включая балласт, распределена между колесами равномерно, что поддерживается системой централизованного регулирования давления воздуха в шинах 0,3...1 МПа. Независимая подвеска колес, возможность качания каждого из мостов посредством балансиров на угол до 10° обеспечивают хорошую приспособляемость к неровностям грунта. Направление движения изменяется поворотом переднего моста относительно вертикального шарнира. Катки оборудуют дизелями с гидромеханическими трансмиссиями.

Самоходные пневмокатки применяют для уплотнения грунтов и покрытий дорог. В последнем случае, особенно на укатке черных и асфальтобетонных покрытий, их оборудуют шинами с гладкими протекторами и пневматическими распылителями воды для смачивания и охлаждения шин. Отечественная промышленность выпускает самоходные пневмокатки массой (с балластом) 16 и 30 т.

Трамбующие машины уплотняют грунт ударами падающей массы. Трамбованием уплотняют как связные, так и несвязные грунты слоями

большой толщины (1...1,5 м). Рабочие органы трамбующих машин в виде чугунных или железобетонных плит круглой или квадратной формы навешивают на экскаваторы или специально приспособленные для этого машины. В первом случае в качестве базовой машины используют одноковшовый экскаватор со стрелой драглайна, к подъемному канату которого подвешивают плиту массой 0,8...1,5 т с площадью опорной поверхности около 1 м². Вспомогательным канатом с легким оттяжным грузом предупреждают закручивание основного каната. Плиту поднимают на высоту 1,2...2 м, с которой ее сбрасывают отключением от трансмиссии барабана подъемной лебедки. Три-шестью ударами плиты о грунт достигают его уплотнения на глубину 0,8...1,5 м. Продолжительность рабочего цикла с учетом поворотных движений экскаватора в плане составляет в среднем 12...20 с, что определяет невысокую производительность этого способа.

Применение экскаваторов для уплотнения грунтов экономически невыгодно вследствие высокой стоимости этих машин, а также из-за повышенного износа подъемного и передающих механизмов в описанном режиме нагружения. По этой причине указанный способ уплотнения грунтов имеет ограниченное применение – в местах, труднодоступных для других грунтоуплотняющих машин.

Для уплотнения грунтов на объектах с широким фронтом работ используют самоходные трамбующие машины на базе гусеничного трактора класса 10...15 (рис. 7.52). Машина оборудована двумя перемещающимися по направляющим чугунными плитами массой 1,3 т каждая, которые поочередно поднимаются и падают на уплотняемую поверхность при непрерывном движении базового трактора. В зависимости от содержания в грунте глинистых частиц уплотнение на глубину до 1,2 м достигается за три-шесть ударов плиты по одному месту. Соответствующая этим требованиям скорость передвижения трактора составляет 160...320 м/ч. Предельный (разрушающий) импульс для малосвязанных грунтов (песчаных и супесчаных) ~ 5 кПа, а для весьма связных глинистых грунтов ~ 30 кПа.

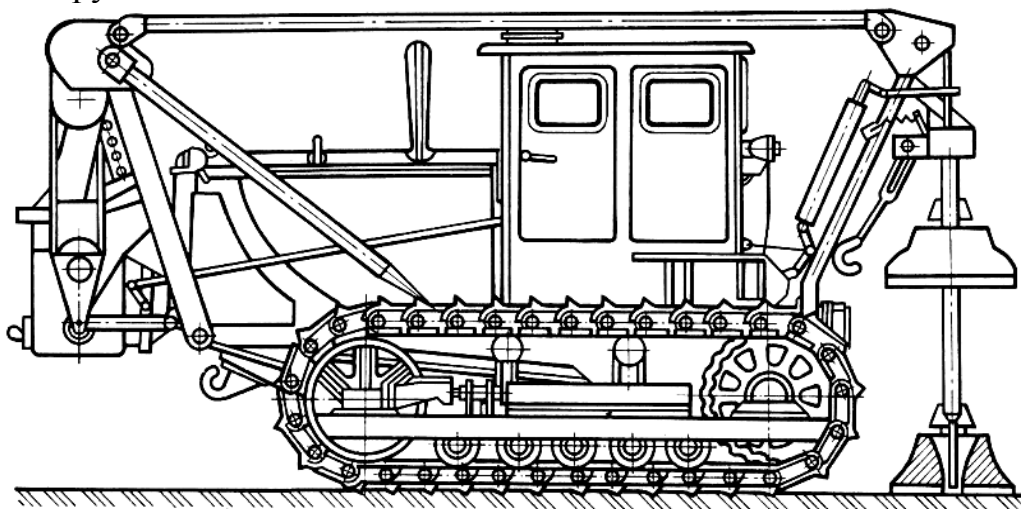


Рис. 7.52. Самоходная трамбовочная машина

Вибрационное уплотнение производится виброплитами, вибротрамбующими машинами и виброкатками. При уплотнении несвязных

грунтов слоями 0,4...0,8 м эта глубина увеличивается в 1,5 раза, а с увеличением толщины уплотняемого слоя до 0,8...1,2 м – в 1,2 раза. При $k_y = 0,98...1$ оптимальную толщину уплотняемого слоя грунта принимают равной половине активной глубины. При уплотнении связных грунтов наиболее целесообразна толщина слоя 0,6...0,8 м.

Для уплотнения несвязных и слабосвязных грунтов на ограниченных поверхностях применяют вибрационные поверхностные уплотнители (виброплиты). Грунт уплотняют плитой-поддоном 1 (рис. 7.53, а и б), которой сообщаются колебания, генерируемые двухдебалансным вибратором 2.

Принцип работы двухдебалансного вибратора направленного действия показан на рис. 7.53, д. При вращении дебаланса массой m с угловой скоростью ω и смещении центра масс от оси вращения (эксцентриситете) r центробежная сила составит $P = m\omega^2 r$. Два дебаланса с одинаковыми параметрами смонтированы в одном корпусе и им сообщается встречное вращение. Результирующая центробежных сил (вынуждающая сила) будет равна $Q = 2P \cos \varphi \cdot t$ и направлена перпендикулярно плоскости осей вращения дебалансов. Составляющие центробежных сил в этой плоскости взаимно уравниваются.

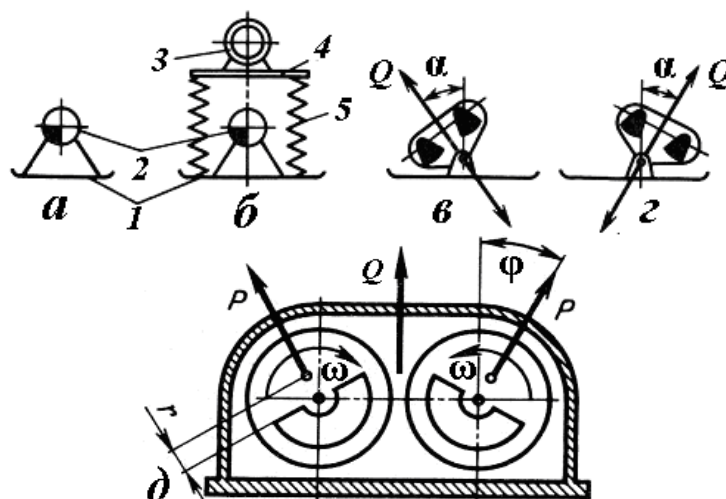


Рис. 7.53. Виброплиты: а – одномассная; б – двухмассная; в, г – схемы перемещения виброплиты; д – принцип работы вибратора направленного действия

Вибратор обычно устанавливают на поддоне, а приводящий его двигатель 3 или на том же поддоне, или на специальном подрамнике 4, опирающемся на поддон через пружины 5 или резиновые амортизаторы. Первую схему называют *одномассной*, а вторую *двухмассной*. Благодаря мягкой подвеске верхняя часть двухмассной виброплиты (7.53, б) не участвует в колебаниях, но воздействует на грунт своей силой тяжести, что улучшает условия работы двигателя, а также снижение до минимума инерционных потерь энергии. В среднем подпружиненная масса составляет 40...50% общей массы виброплиты. При двухмассной виброплите вращение дебалансам передается от двигателя через гибкую, обычно клиноременную, передачу с автоматическим обеспечением заданного натяжения ремней.

При одномассной виброплите вибратор устанавливают на ее поддоне на шарнире с возможностью его отклонения вручную и фиксации в заданном положении. При наклоне вибратора на угол α от вертикали возникнет горизонтальная составляющая вынуждающей силы $Q_x = Q \sin \alpha$. Если эта составляющая преважает сопротивление передвижению виброплиты, то плита начнет перемещаться в направлении отклонения вибратора от вертикали (рис. 7.53, *в* и *г*). Управляет виброплитой оператор с помощью рычагов, установленных на дышле, которое соединено с плитой также через амортизаторы. Поворотом дышла изменяется направление самопередвижения виброплиты. Виброплиты транспортируют на специальных тележках, буксируемых трактором или автомобилем.

Современные виброплиты производительностью 300...900 м²/ч массой 150...1400 кг уплотняют грунт на глубину 0,3...1 м.

На эффективность виброуплотнения грунта существенно влияет его влажность. Наименьшая продолжительность уплотнения соответствует влажности грунта, превышающей стандартную на 10...20%. С уменьшением влажности эффект уплотнения снижается, и при ее значении, составляющем 70...80% оптимальной для стандартного уплотнения, довести грунт до плотности $k_y = 0,95$ этим способом практически не удастся.

Машина приспособлена для грунтоуплотнительных работ в тесных местах на ограниченной площади. Она может поворачиваться на месте в обе стороны, перемещаться задним ходом.

С возрастанием вынуждающей силы виброуплотнение может перейти в вибротрамбование с отрывом рабочего органа от уплотняемой поверхности грунта и частыми ударами по ней. Этот переход осуществляется при отношении вынуждающей силы к силе тяжести рабочего органа от 0,7...1 при частоте колебаний 12...25 Гц до 1,4...2,3 при частоте 50...85 Гц. В случае уплотнения несвязных грунтов этим отношениям соответствуют амплитуды, равные 0,3...0,4 мм.

Для привода вибратора двигатель (карбюраторный, дизель, реже электрический) выбирают по мощности, удельное значение которой (на 1 т массы виброплиты) принимают от 7...10 кВт/т при частоте 20 Гц до 22...35 кВт/т при частоте 75...90 Гц.

Ударно-вибрационный способ уплотнения грунтов реализуется в самоходной машине на базе гусеничного трактора с навесным трамбовочным оборудованием (рис. 7.54). Рабочее оборудование состоит из двух виброударных рабочих органов, смонтированных на раме 11, способной перемещаться в поперечном направлении на 0,5...0,7 м от следа базового трактора для уплотнения грунтов вне полосы его движения.

Генератором вертикальных перемещений трамбующей плиты 10 на каждом рабочем органе служит вибромолот 5, приводимый гидромотором-редуктором 3 через двухступенчатую клиноременную передачу 4. Вибромолот устроен подобно вибратору направленного действия и отличается от последнего тем, что его корпус может перемещаться по вертикальным

направляющим 6, на которых его среднее (нерабочее) положение фиксировано пружинами 7. В процессе этих перемещений, вызванных вынуждающей силой дебалансов, вибромолот ударяет бойком 9 в нижней части своего корпуса по наковальне 8, жестко соединенной с трамбующей плитой 10. Таким образом, трамбуемая плита воспринимает ударные нагрузки через наковальню, а вибрационные – через пружины 7 и направляющие 6, сочетая в воздействии на грунт эффекты трамбования и виброуплотнения.

Рабочее оборудование устанавливают на раме 1, которую через амортизаторы 12 шарнирно крепят на лонжеронах гусеничных тележек базового трактора. Посредством гидроцилиндра 2 рабочее оборудование может быть установлено в рабочее положение или поднято для транспортного передвижения машины. Ударно-вибрационную машину комплектуют бульдозерным отвалом 14 с планирующей плитой 13 для разравнивания грунта в полосе перемещаемого следом рабочего органа.

Для уплотнения малосвязных грунтов весьма эффективно применять **вибрационные катки** с гладкими, кулачковыми или решетчатыми вальцами, внутри которых вмонтирован вибратор направленных колебаний, приводимый от автономного двигателя, установленного на раме катка. Эффективность уплотнения достигается путем совместного действия на грунт гравитационных и вынуждающих сил, генерируемых вибратором, что позволяет получить требуемую плотность грунта при сравнительно меньшей массе катка. Так, при уплотнении песков путем вибрационного воздействия масса катка может быть снижена примерно в 5 раз, при супесях – в 2 раза, а при уплотнении средних и тяжелых суглинков лишь на 10...30 %. Эффективность вибрационного воздействия снижается с увеличением содержания в грунте глинистых частиц. Поэтому для уплотнения связных и высокосвязных грунтов требуется применять весьма тяжелые катки. Виброкатки могут работать в вибрационном и виброударном режимах. Последний наступает при амплитудах вынуждающей силы, превышающих удвоенную силу тяжести катка.

Г л а в а 8

Машины и оборудование для свайных работ

8.1. Копры и копровое оборудование

При устройстве свайных фундаментов зданий и сооружений различного назначения применяют два вида свай – забивные железобетонные и металлические заводской готовности и буронабивные железобетонные сваи, устройство которых осуществляется в вертикальных и крутонаклонных скважинах непосредственно на месте производства работ. При возведении водозащитных ограждений котлованов, колодцев и траншей используют металлический и железобетонный шпунт. Для погружения готовых свай и шпунта применяют сваепогружающие агрегаты, копры и копровое оборудование со свайными погружателями ударного, вибрационного, виброударного, вдавливающего и вибровдавливающего действия и для завинчивания свай. Некоторые виды оборудования используют также для извлечения из грунта ранее погруженных элементов (сваевыдергиватели).

Сваепогружатели являются сменным оборудованием копров и самоходных (на базе самоходных машин) копровых установок, предназначенных для подтаскивания и установки сваи под требуемым углом наклона в заданной точке погружения, для установки сваепогружателя на сваю, направления сваепогружателя и сваи при погружении, а также перемещения в зоне производства работ.

Копры выполняются передвижными на рельсоколесном ходовом устройстве и безрельсовыми. Они разделяются на:

универсальные – имеющие на полноповоротной платформе оборудование для погружения свай с изменяемым вылетом, продольным и поперечным наклоном копровой мачты для погружения вертикальных и наклонных свай;

полууниверсальные – имеющие на поворотной платформе оборудование для погружения вертикальных свай или только наклонных свай;

простые – для погружения вертикальных свай, не имеющие механизмов поворота платформы, изменения вылета и рабочего наклона копровой мачты.

Рельсовые копры с электрическим и электрогидравлическим приводом, передвигаются по рельсовому пути. В их конструкциях используются сборочные единицы и механизмы строительных башенных кранов. В городском строительстве применяют универсальные и полууниверсальные копры.

Рельсовые копры мостового типа (рис. 8,1, а) предназначены для выполнения массовых сосредоточенных объемов свайных работ при устройстве сборных фундаментов и ростверков, а также при возведении зданий и сооружений на слабых и водонасыщенных грунтах. Они позволяют с большой точностью погружать железобетонные сваи длиной 8...12 м. Составными частями таких копров является самоходный металлический мост 1, передвигающийся по рельсам 5, уложенным с двух сторон вдоль продольной

оси котлована, и самоходная копровая тележка или рельсовый копер 3 со сваепогружателем 2, перемещающиеся по мосту вдоль поперечных рядов свай 4. Таким образом обеспечивается возможность погружения свай в любой точке свайного поля, перекрываемого мостом. Индивидуальные электрические приводы механизмов передвижения моста и копровой тележки включены в единую координатно-шаговую систему автоматического наведения сваи на точку погружения с программным или полуавтоматическим управлением, что обеспечивает высокое качество производства свайных работ.

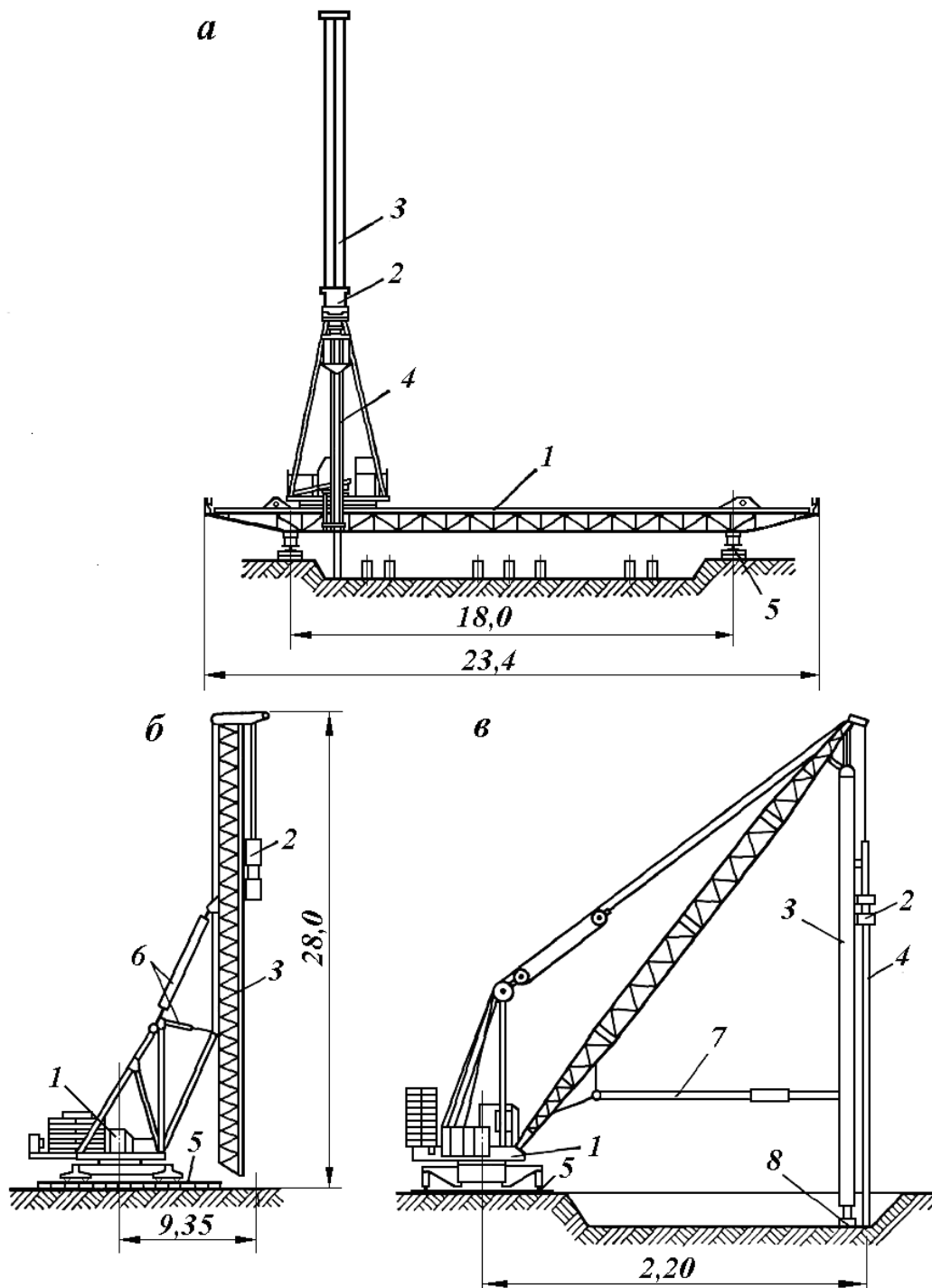


Рис.8.1. Схемы сваебойных установок на рельсовом ходу:

а – установка мостового типа; *б* – универсальный полноповоротный копер;
в – установка на кране нулевого цикла; 1 – база (мост, ходовая рама с поворотной платформой); 2 – молот; 3 – копровая мачта; 4 – свая; 5 – подкрановый путь; 6 – устройство для управления копровой мачтой; 7 – телескопическая распорка; 8 – пята

Базой универсального копра (рис. 8.1, б) являются стандартные ходовые тележки башенного крана. На поворотной платформе 1 смонтированы ферма с гидравлическими механизмами 6 управления копровой мачтой 3, лебедки для подтаскивания свай, подъема-опускания молота 2 и свай, подъема-опускания копровой мачты при монтаже и демонтаже. Поворотная платформа опирается на раму ходового устройства через опорно-поворотный круг. Лебедки, механизмы передвижения копра и вращения поворотной платформы имеют электрический привод. Гидроцилиндры изменения вылета и рабочих наклонов копровой мачты приводятся в действие от одной насосной станции. Копры, смонтированные на поворотных платформах башенных кранов, применяют для погружения железобетонных свай длиной 12...25 м. Параллелограммно-шарнирная система связей опорных конструкций и копровой мачты обеспечивает значительный вылет мачты (более 6 м), что позволяет обслуживать при одноразовом линейном перемещении копра большую площадь свайного поля.

Рельсовый копер на базе крана нулевого цикла (рис. 8.1, в), предназначен для забивки свай длиной 8...12 м. Копровая мачта 3 подвешена к стреле крана и опирается в рабочем положении на пяту 8. Нижняя часть мачты соединена с поворотной платформой 1 крана телескопической распоркой 7, позволяющей изменять угол наклона мачты и свай 4. Копер перемещается по рельсам 5, уложенным вдоль продольной оси котлована.

Самоходные копровые установки представляют собой навесное и сменное копровое оборудование, смонтированное на гусеничных тракторах, экскаваторах и грузовых автомобилях. Такие установки обладают энергетической автономностью, полной механизацией вспомогательных операций, достаточными мобильностью и маневренностью, высокими технико-экономическими показателями.

В городском строительстве используются универсальные и полууниверсальные навесные копровые установки на тракторах класса 10... 15. Их используют для погружения свай длиной до 8...12 м при возведении фундаментов в крупнопанельном и каркасно-панельном домостроении, кирпичных зданий гражданского и промышленного назначения. Копровое оборудование навешивается сбоку или сзади базовой машины.

В самоходной установке на базе экскаватора сменная копровая стрела, несущая дизель-молот, навешивается на решетчатую крановую стрелу и соединяется с поворотной платформой экскаватора телескопической распоркой. При забивке свай копровая стрела устанавливается в вертикальное положение и обеспечивает погружение свай на вылетах от оси вращения экскаватора до 4...6 м. Подъем и опускание дизель-молота осуществляется грузовой лебедкой экскаватора через двукратный полиспаст. Длина копровых стрел 10...25 м, с их помощью погружают сваи длиной 7...20 м.

Гидравлический копер (рис. 8.2) смонтирован на гидравлическом экскаваторе 13 пятой размерной группы, на котором вместо экскавационного оборудования смонтирована решетчатая стрела 7 с гидроцилиндрами 12 подъема и опускания. На стрелу навешена копровая мачта 8 с оголовком 11 и нижней

опорой 1. Установка мачты в заданное положение обеспечивается гидроцилиндром 14. На копровой мачте смонтированы: грузовая лебедка 9, крюковая подвеска 10, лебедка 5 перемещения гидромолота 6, шнековый бур 3 с приводом 4 для бурения лидерных скважин под сваи 2 в прочных и мерзлых грунтах.

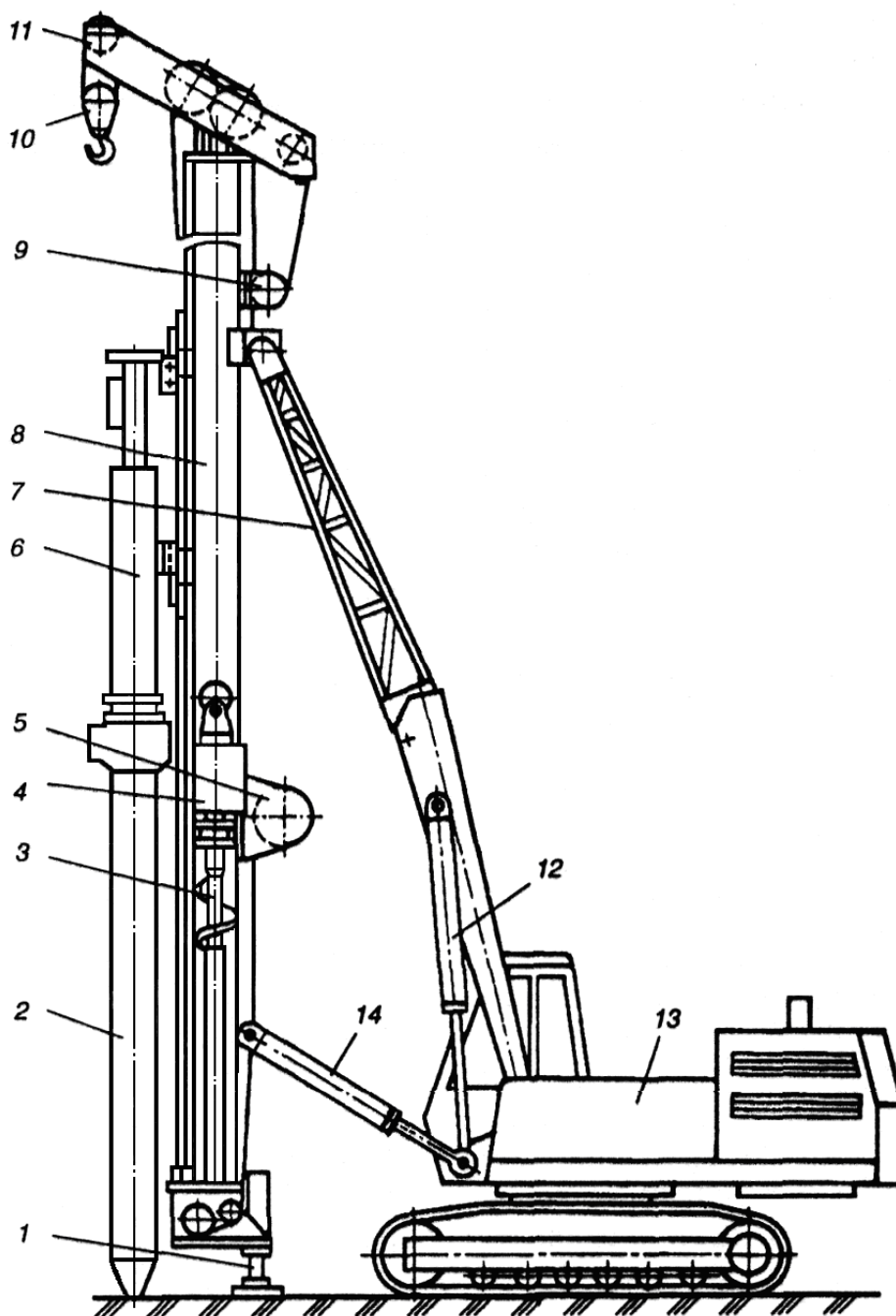


Рис. 8.2. Гидравлический копер

По сравнению с рассмотренными выше навесными копрами с дизель-молотами гидравлические копры имеют более высокие производительность, маневренность, транспортабельность и безопасность работы.

Основными параметрами копров и копровых установок являются: грузоподъемность Q (наибольшая суммарная масса подвешенной сваи, наголовника и сваепогрузателя), высота мачты H (расстояние от опорной плоскости копра до оси верхнего грузового блока), вылет мачты L (расстояние от оси вращения

поворотной платформы копра до вертикальной оси погружаемой сваи), продольный установочный наклон мачты α (угол между продольной осью мачты и вертикалью в продольной плоскости симметрии копра), поперечный установочный наклон β (угол между продольной осью мачты и вертикалью в поперечной плоскости симметрии копра), колея K ходового устройства копра, общая масса m копра с противовесом и т.п. Мачты копров составлены из нескольких унифицированных секций, что позволяет при необходимости менять их длину.

8.2. Свайные погружатели

Технологический цикл погружения готовых свай включает операции захвата и установки свай в проектное положение, погружения свай в грунт до проектной отметки, перемещения сваебойной установки к месту погружения очередной сваи. Сваепогружатели разнообразны по конструкции, виду потребляемой энергии и принципу работы. Классификация свайных погружателей приведена на рис. 8.3. В городском строительстве наибольшее распространение получили сваепогружатели ударного действия, к которым относятся свайные молоты.



Рис. 8.3. Классификация свайных погружателей

Свайные молоты состоят из массивной ударной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющей конструкции в виде цилиндра (трубы), поршня со штоком, штанг и т.п. Ударная часть молота наносит чередующиеся удары по головке сваи и погружает сваю в грунт. Направляющая часть молота снабжена устройством для закрепления и центрирования молота на свае.

Рабочий цикл молота включает два хода – холостой (подъем ударной части в крайнее верхнее положение) и рабочий (движение ударной части вниз и удар по свае). По роду привода свайные молоты разделяются на механические (применяются редко), паровоздушные, дизельные и гидравлические. Основными параметрами свайных молотов являются масса ударной части, наибольшая энергия одного удара, наибольшая высота подъема ударной части, частота ударов в минуту.

Паровоздушные молоты приводятся в действие энергией пара или сжатого до 0,5...0,7 МПа воздуха. Различают молоты простого одностороннего

действия, у которых энергия привода используется только для подъема ударной части, совершающей затем рабочий ход под действием собственного веса, и молоты двустороннего действия, энергия, создаваемая паром или сжатым воздухом, сообщает ударной части дополнительное ускорение при рабочем ходе, в результате чего увеличивается энергия удара и сокращается продолжительность рабочего цикла. Ударной частью паровоздушных молотов *простого действия* служит чугунный корпус массой 1250...6000 кг, направляющей – поршень со штоком, опирающимся на головку сваи. Такие молоты несложны по конструкции, просты и надежны в эксплуатации, но вследствие малой производительности (не более 30 ударов в минуту) применяются сравнительно редко. Наиболее распространены автоматически работающие паровоздушные молоты двустороннего действия с частотой ударов по свае до 100...300 в минуту и массой ударной части до 2250 кг. К недостаткам молотов двустороннего действия относятся значительная масса неподвижных частей («мертвая» масса), составляющая 60...70% (у молотов простого действия до 30%) общей массы молота, возможность погружения только легких шпунтов, деревянных и железобетонных свай, большой расход пара или сжатого воздуха.

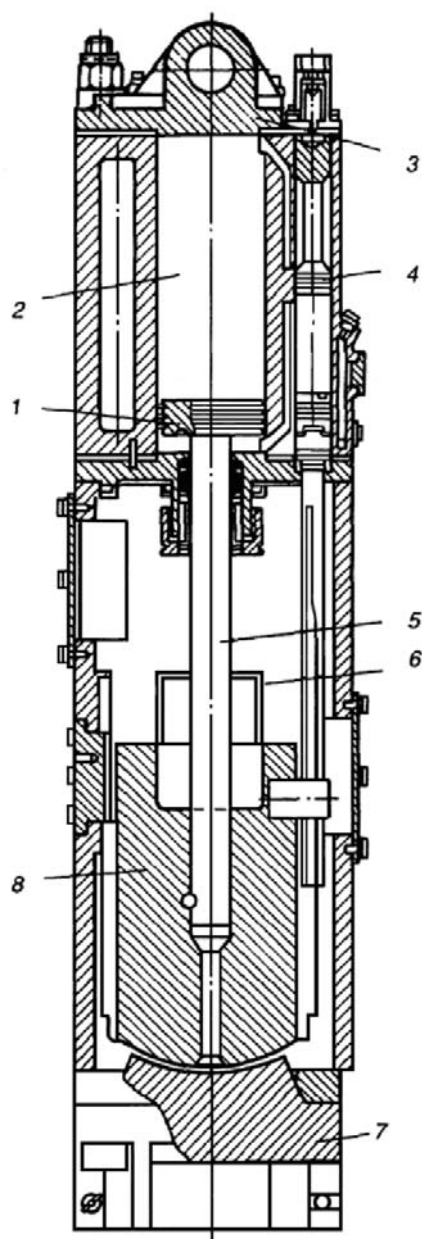


Рис. 8.4. Паровоздушный молот двойного действия

Основными узлами паровоздушного молота *двустороннего действия* (рис. 8.4, а) являются неподвижный закрытый корпус, подвижный поршень со штоком 5 и массивным бойком 8 (ударная часть) и автоматическое парораспределительное устройство 4. Корпус молота составлен из двух цилиндров: парового 2, в котором помещен поршень 1, и направляющего 6 для бойка 8. Сверху корпус закрыт крышкой с проушиной для подъема и удерживания молота, а снизу – ударной плитой (наковальней) 7, укрепляемой на головке свай. Наковальня воспринимает удары ударной части и может перемещаться в незначительных пределах по вертикали. Возвратно-поступательное движение ударной части молота обеспечивается за счет попеременной подачи пара или сжатого воздуха в надпоршневую или подпоршневую полости парового цилиндра золотниковым распределительным устройством. Золотник 3 этого устройства поворачивается вокруг оси под действием поступающего пара (сжатого воздуха) автоматически. Изменяя давление подаваемого пара (сжатого воздуха), регулируют энергию удара

молота. Паровоздушные молоты устанавливают на копре или подвешивают к крюку стрелового самоходного крана. Их можно использовать для забивки как вертикальных, так и наклонных свай, а также для выполнения свайных работ под водой. Основным недостатком паровоздушных молотов является их зависимость от компрессорных установок или парообразователей.

Дизель-молоты (прямодействующие двигатели внутреннего сгорания, работающие по принципу двухтактного дизеля) широко применяют для погружения свай на объектах городского строительства. Они получили преимущественное распространение в строительстве благодаря энергетической автономности, мобильности, простой и надежной конструкции и высокой производительности.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на трубчатые и штанговые. У трубчатого дизель-молота направляющей ударной части в виде массивного подвижного поршня служит неподвижная труба, у штангового – направляющими ударной части в виде массивного подвижного цилиндра служат две штанги. Распыление дизельного топлива в камере сгорания у штанговых молотов – форсуночное, а у трубчатых – ударное. Дизель-молоты подвешиваются к копровой стреле с помощью захватов и подъемно-сбрасывающего устройства («кошки»), предназначенного для подъема и пуска молота и прикрепленного к канату лебедки копровой установки.

Различают легкие (масса ударной части до 600 кг), средние (до 1800 кг) и тяжелые (свыше 2500 кг) дизель-молоты.

Штанговый дизель-молот (рис. 8.5) состоит из следующих основных узлов: поршневого блока с шарнирной опорой, ударной части – подвижного рабочего цилиндра, двух направляющих штанг с траверсой, механизма подачи топлива и захвата – «кошки». Поршневой блок включает поршень 12 с компрессионными кольцами, отлитый заодно с основанием 2. В центре днища поршня установлена распылительная форсунка 3, соединенная топливопроводом 13 с плунжерным топливным насосом 14 высокого давления (до 50 МПа), питающимся из топливного резервуара. Основание поршневого блока опирается на шарнирную опору, состоящую из сферической пяты 1 и наголовника 15. В основании закреплены нижние концы направляющих штанг 4, верхние концы которых соединены траверсой. По штангам перемещается массивный ударный цилиндр 10 со сферической камерой сгорания в донной части. На внешней поверхности цилиндра укреплен штырь (выступающий стержень) 11, приводящий в действие топливный насос 14 при падении ударной части вниз. Для запуска молота в работу захват – «кошку» 7, подвешенный к канату 8 лебедки копра, опускают вниз для обеспечения автоматического зацепления крюка 6 за валик 5 ударного цилиндра, после чего «кошку» и сцепленную с ней ударную часть поднимают лебедкой в верхнее крайнее положение. Далее поворотом вручную (через канат) рычага сброса 9 освобождают от «кошки» ударный цилиндр и он под действием собственной силы тяжести скользит по направляющим штангам вниз. При продвижении цилиндра на поршень 12 воздух, находящийся во внутренней полости

цилиндра, сжимается (в 25...28 раз) и температура его резко повышается (до 600°C). При нажатии што́ра 11 цилиндра на приводной рычаг топливного насоса 14 дизельное топливо по топливопроводу 13 подается к форсунке 3 и распыляется в камере сгорания, смешиваясь с горячим воздухом. При дальнейшем движении цилиндра вниз горячая смесь самовоспламеняется, и в то же мгновение цилиндр наносит удар по шарнирной опоре, наголовник 15 который надет на голову сваи. Расширяющиеся продукты сгорания смеси (газы) выталкивают ударную часть вверх и выходят в атмосферу. Поднимающийся рабочий цилиндр быстро теряет скорость, под действием собственного веса начинает опять падать вниз, и цикл повторяется. Дизель-молот работает автоматически до выключения топливного насоса.

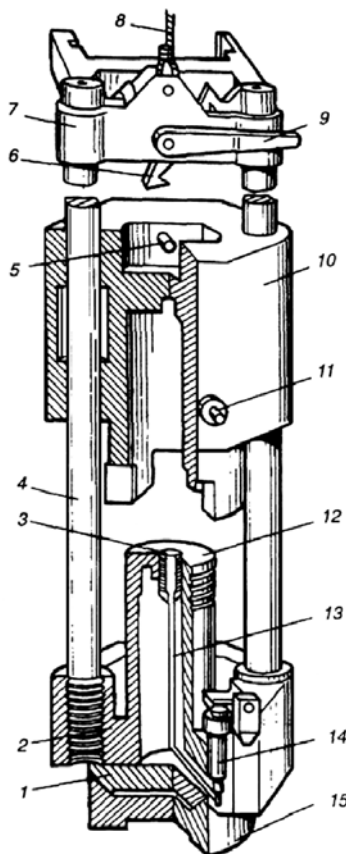


Рис. 8.5. Штанговый дизель-молот

Штанговые дизель-молоты обладают малой энергией удара (25...35% потенциальной энергии ударной части). Их применяют для забивки в слабые и средней плотности грунты легких железобетонных и деревянных свай, стальных труб и шпунта при сооружении защитных шпунтовых стенок траншей, котлованов и каналов. Штанговые дизель-молоты выпускаются с массой ударной части 240 и 2500 кг, развивают энергию удара соответственно 3,2 и 20 кДж при частоте ударов 50...55 в минуту и степени сжатия 16 и 25.

Трубчатые дизель-молоты предназначены для забивки в грунт преимущественно железобетонных свай массой 1,2...10 т и могут работать при температуре окружающего воздуха от + 40 до – 40°C. При температуре ниже – 25°C молоты при запуске подогревают.

Промышленность выпускает пять моделей однотипных трубчатых дизель-молотов, различающихся между собой массой ударной части, которая составляет 1250, 1800, 2500, 3500 и 5000 кг.

Конструктивными и технологическими особенностями трубчатых дизель-молотов является применение водяной системы охлаждения, кольцевой камеры сгорания типа «Тор» и принудительной смазки.

Все трубчатые дизель-молоты выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и состоят из следующих основных узлов (рис. 8.6): ударной части – поршня 1 с компрессионными кольцами, сменного рабочего цилиндра 7 и направляющей трубы 3, шабота 9, по которому наносит удар поршень, топливной и масляной систем, пускового устройства – «кошки» 5 с подъемно-сбрасывающим механизмом 4. В верхней части направляющей трубы имеются две проушины для крепления каната при установке молота на копер. Рабочий цилиндр герметично закрыт снизу шаботом с компрессионными кольцами, передающим энергию удара поршня на сваю. К фланцу шабота прикреплен свайный наголовник. Между фланцами рабочего цилиндра и шабота установлен кольцевой резиновый амортизатор, предотвращающий жесткое соударение корпуса цилиндра и шабота при больших осадках сваи. В нерабочем состоянии рабочий цилиндр и шабот соединяют планкой. Нижний торец поршня – сферически и по форме соответствует выемке в шаботе. При полном контакте сферических поверхностей поршня и шабота (в момент удара кольцевая полость, образованная кольцевыми выточками в их сферах, представляет собой камеру сгорания. Топливо в сферу шабота подается под давлением 0,3...0,5 МПа плунжерным насосом 8, которым управляет падающий поршень, нажимающий на приводной рычаг 7. К насосу топливо поступает по гибким резиновым шлангам из топливного бака 11. Полость рабочего цилиндра 9 сообщается с атмосферой через четыре всасывающе-выхлопных патрубков 2, направленные вверх.

Смазка трущихся рабочих поверхностей цилиндра и поршня осуществляется принудительно. Отвод тепла от стенок рабочего цилиндра при повышенных температурах окружающего воздуха обеспечивается системой водяного охлаждения циркулярно-испарительного типа, состоящей из расположенного в зоне камеры сгорания бака 10 для воды с заливной и сливной горловинами.

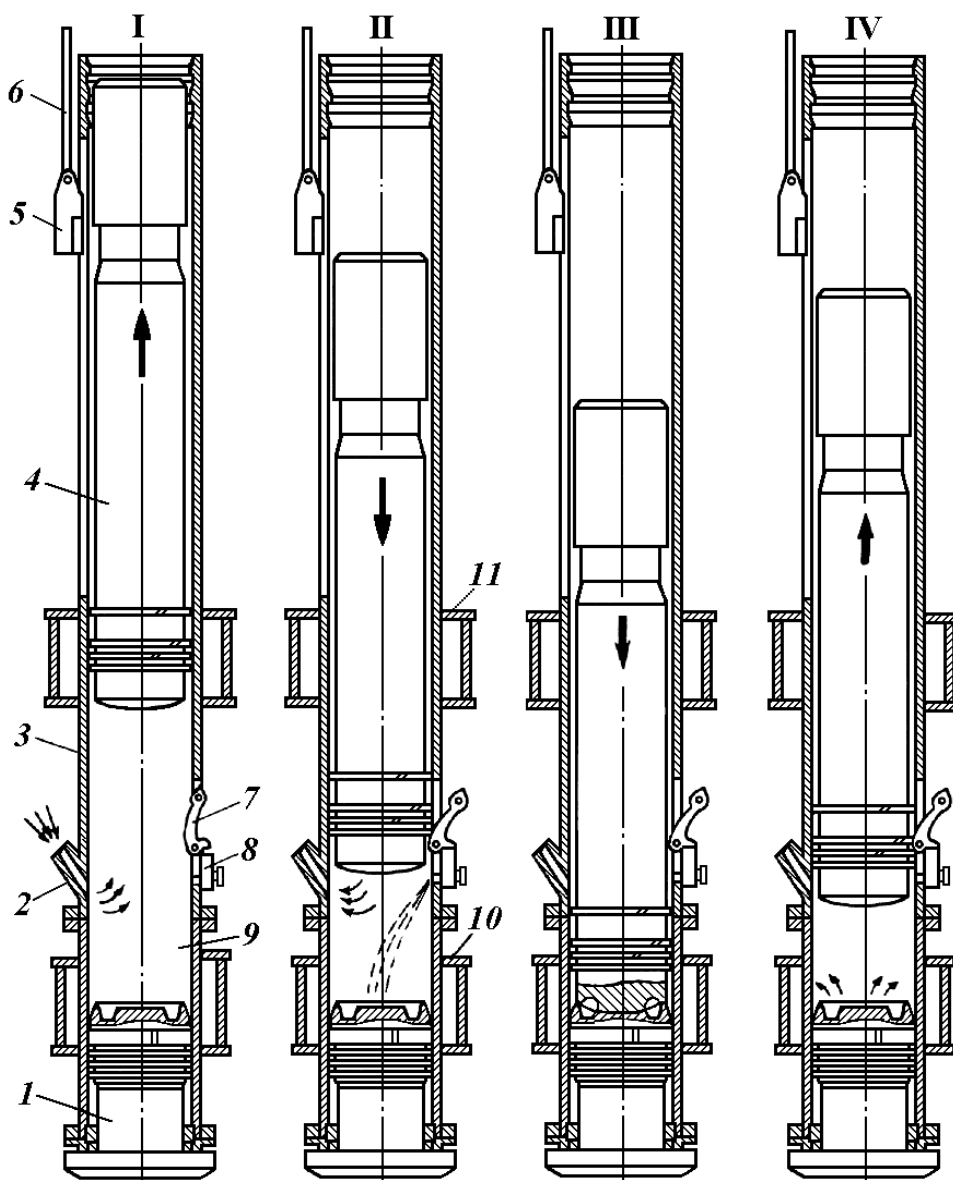


Рис. 8.6. Цикл работы трубчатого дизель-молота

В направляющей трубе со стороны, обращенной к копру, имеется продольный паз, в котором перемещается подъемный рычаг кошки, входящий в зацепление с поршнем при его подъеме при запуске молота.

Работа трубчатого дизель-молота осуществляется в такой последовательности. Перед пуском молота поршень 4 поднимается «кошкой» 5, подвешенной на канате 6 лебедки копра в крайнее верхнее положение, после чего происходит автоматическое расцепление «кошки» и поршня (положение I). При свободном падении вниз по направляющей трубе 3 поршень нажимает на приводной рычаг 7 топливного насоса 8, который подает дозу топлива в сферическую выточку шабота 1 (положение II). При дальнейшем движении вниз поршень перекрывает отверстия всасывающе-выхлопных патрубков 2 и начинает сжимать воздух в рабочем цилиндре 9, значительно повышая его температуру. В конце процесса сжатия головка поршня наносит удар по шаботу, чем обеспечивается погружение сваи в грунт и распыление топлива в кольцевую камеру сгорания, где оно самовоспламеняется, перемешиваясь с горячим сжатым воздухом (положение III).

Часть энергии расширяющихся продуктов сгорания – газов (максимальное давление сгорания 7...8 МПа) передается на сваю, производя ее дополнительное (после механического удара) погружение, а часть расходуется на подброс поршня вверх на высоту до 3 м. Вследствие воздействия на сваю последовательно двух ударов – механического и газодинамического – достигается высокая эффективность трубчатых дизель-молотов. При движении поршня вверх (положение *II*) расширяющиеся газы по мере открывания всасывающе-выхлопных патрубков 2 выбрасываются в атмосферу. Через те же патрубки засасывается свежий воздух при дальнейшем движении поршня вверх.

Достигнув крайнего верхнего положения, поршень начинает свободно падать вниз, рабочий цикл повторяется, и в дальнейшем молот работает автоматически до полного погружения сваи. Таким образом, в течение первого такта цикла работы трубчатого дизель-молота происходит продувка цилиндра, сжатие воздуха, впрыск и разбрызгивание топлива, а в течение второго – самовоспламенение горячей смеси топлива с воздухом и расширение продуктов сгорания, выхлоп отработанных газов в атмосферу и засасывание в цилиндр свежего воздуха. Высота подскока ударной части дизель-молотов регулируется путем изменения количества впрыскиваемого насосом топлива, что позволяет изменять величину энергии удара в зависимости от типа свай и плотности грунта.

Трубчатые молоты более эффективны, чем штанговые, так как при равной массе ударной части могут забивать более тяжелые (в 2...3 раза) сваи за один и тот же отрезок времени. Штанговые дизель-молоты имеют низкие энергетические показатели и невысокую долговечность (в 2 раза меньшая, чем у трубчатых), поэтому производство их сокращается и они будут полностью заменены более совершенными трубчатыми молотами. Трубчатые дизель-молоты развивают энергию удара 40...160 кДж при высоте подброса ударной части 3000 мм и степени сжатия 15. Число ударов в минуту – 42.

Общим недостатком дизель-молотов является большой расход энергии на сжатие воздуха (50...60%) и поэтому сравнительно небольшая мощность, расходуемая на забивку сваи. Массу ударной части дизель-молота подбирают в зависимости от массы погружаемой сваи и типа применяемого молота. Так, масса ударной части штангового дизель-молота должна быть не менее 100...125%, а трубчатого – 40...70% от массы сваи, погружаемой в грунт средней плотности.

Гидравлические свайные молоты по конструкции и принципу действия аналогичны гидропневматическим молотам (рис.7.27), но обладают значительно большими массой ударной части и энергией единичного удара. Серийно гидравлические свайные молоты в настоящее время не выпускаются. В соответствии с перспективным типоразмерным рядом свайных гидромолотов предусмотрен выпуск молотов с массой ударной части 500...7500 кг и энергией единичного удара 15...75 кДж.

Гидравлические свайные молоты просты в эксплуатации, имеют высокий к.п.д. (0,55...0,6), экологически безопасны, а их пусковые качества не зависят от

вверх. Полость B отсекается от сливной магистрали и соединяется через полость z , осевое отверстие в золотнике 8 и полость a с гидропневмоаккумулятором 7 и насосом 6 . В полости B создается давление за счет подачи рабочей жидкости от насоса 6 и гидропневмоаккумулятора 7 , так как рабочая поверхность бойка в полости B больше, чем в полости A , боек вместе с ударной массой движется вниз и наносит удар по свае 13 через наголовник 11 с демпфером 12 . В нижнем положении бойка полость 6 золотника 8 через полости B и a соединяется с напорной магистралью, золотник опускается вниз, так как рабочая поверхность золотника в полости 6 больше, чем в полости a . Полость B соединяется со сливом, гидропневмоаккумулятор 7 заряжается, боек начинает движение вместе с ударной массой вверх. Затем цикл повторяется.

Свайные гидромолоты с массой ударной части 500 и 1800 кг развивают энергию единичного удара в пределах 15...25 кДж у молота легкого типа и в пределах 35...40 кДж у молота среднего типа. Частота ударов молотов 1,1...1,2 Гц, рабочее давление 16 МПа.

Энергия удара (Дж) свайных молотов механических и одностороннего действия (паровоздушных, гидравлических и дизель-молотов) $E = GH\eta$, а молотов двустороннего действия $E = (G + pS)H\eta$,

где G – вес ударной части, Н; H – величина рабочего хода ударной части, м; p – давление рабочей жидкости, сжатого воздуха или пара, Па; S – рабочая площадь поршня, м²; η – к.п.д. молота (для паровоздушных молотов $\eta = 0,85...0,9$, для штанговых дизель-молотов – 0,35...0,4, для трубчатых – 0,6...0,65, для гидравлических молотов – 0,55...0,65).

Эффективность погружения сваи в грунт зависит от соотношения масс сваи m_c и ударной части молота m_m , частоты ударов молота n_m и скорости соударения v_c ударной части молота с шаботом. Практически установлена необходимость соблюдения следующих условий: $0,5 \leq m_c/m_m \leq 2,5$ (при $m_c/m_m > 2,5$ эффективность погружения сваи резко снижается); $v_c \leq 6$ м/с (при $v_c > 6$ м/с большая часть энергии удара затрачивается на разрушение наголовника и головы сваи); $n_m \geq 30$ мин⁻¹ при $n_m < 30$ мин⁻¹ свая успевает полностью остановиться, и молоту приходится дополнительно преодолевать инерцию неподвижной сваи).

Вибропогружатели сообщают погружаемым в грунт (или извлекаемым) элементам (свае, шпунту, трубе) направленные вдоль их оси колебания определенной частоты и амплитуды, благодаря чему резко снижается коэффициент трения между грунтом и поверхностью внедряемого (извлекаемого) элемента. Они применяются для погружения в песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты металлического шпунта, двутавровых балок, труб, железобетонных свай и оболочек, а также извлечения их из грунта. Составными частями вибропогружателя являются электродвигатель, вибровозбудитель и наголовник. Жесткое соединение вибропогружателя с погружаемым (извлекаемым) элементом обеспечивается сменным наголовником с механическим или гидравлическим захватом.

В вибропогружателях в качестве вибровозбудителей используются вибраторы направленного действия с четным количеством (четыре, шесть или восемь) горизонтально расположенных параллельных валов с дебалансами, синхронно вращающимися в различных направлениях.

Общая масса дебалансов на каждом валу одинакова. Дебалансные валы приводятся во вращение одним или двумя электродвигателями специального виброударостойкого исполнения через ременную, цепную или зубчатую передачи.

Главным параметром вибропогружателей является установленная мощность электродвигателей. К основным параметрам относятся вынуждающая сила, статический момент дебалансов, амплитуда и частота колебаний. Вынуждающая (центробежная) сила вибровозбудителя, возникающая при вращении дебалансов, достигает максимального значения при их вертикальном положении и направлена вдоль оси погружаемого элемента. При горизонтальном положении дебалансов вибровозбудителя их центробежные силы взаимно уравниваются. Величина вынуждающей силы вибропогружателя F (кН) зависит от суммарной массы m дебалансов, расстояния их от центра массы до оси вращения (эксцентриситета) e и угловой скорости дебалансных валов ω : $F = m\omega^2 e$. Амплитуда колебаний a (мм) представляет собой отношение статического момента дебалансов M ($M = me$) к массе колеблющейся конструкции m_k (т.е. $a = M/m_k$). Частота колебаний n вибровозбудителя равна частоте вращения дебалансных валов.

Различают низкочастотные ($n \leq 10$ Гц) и высокочастотные ($n \geq 16,6$ Гц) вибропогружатели.

Низкочастотные вибропогружатели используют для погружения в однородные слабые грунты массивных железобетонных оболочек и свай длиной до 12 м. Они характеризуются значительной амплитудой колебаний, сравнительно большими статическими моментами дебалансов, вынуждающей силой и общей массой, малой частотой колебаний. Конструкции низкочастотных вибропогружателей довольно разнообразны. Рассмотрим в качестве примера устройство и принцип действия низкочастотных вибропогружателей типа ВП и ВРП.

У вибропогружателей ВП (рис. 8.8, а) вибровозбудитель, приводной электродвигатель 1 и наголовник 12 сваи 13 жестко соединены между собой. В корпусе вибровозбудителя 5 в сферических подшипниках вращаются несколько пар дебалансных валов с дебалансами 4. Движение дебалансным валам, вращающимся попарно в разные стороны, передается от электродвигателя через промежуточную шестерню 2 и систему синхронизирующих цилиндрических шестерен 3, закрепленных на валах. Для крепления на стреле копра корпус вибропогружателя снабжен четырьмя направляющими роликами 14. Каждый вибропогружатель комплектуется пультом управления с пусковой и защитной аппаратурой.

Вибропогружатели типа ВРП снабжены системой автоматического управления режимом погружения различных свай и свай-оболочек, которая

обеспечивает плавное регулирование вынуждающей силы, статического момента дебалансов, амплитуды и частоты колебаний, в зависимости от сопротивления грунта. Частота вращения дебалансов регулируются командоконтроллером, а статический момент – путем перемещения подвижной части дебалансов с помощью гидросистемы погрузателя. Вибропогружатели имеют отверстие для очистки внутренней полости сваи-оболочки от грунта в процессе погружения.

Высокочастотные вибропогружатели применяют для погружения в малосвязные грунты элементов с малым лобовым сопротивлением: шпунта, труб и профильного металла длиной до 20 м. По сравнению с низкочастотными высокочастотные вибропогружатели имеют значительно меньший статический момент дебалансов (не более 60 кН·см) и соответственно меньшую (до 10...14 мм) амплитуду колебаний. Конструкции высокочастотных вибропогружателей имеют мало различий.

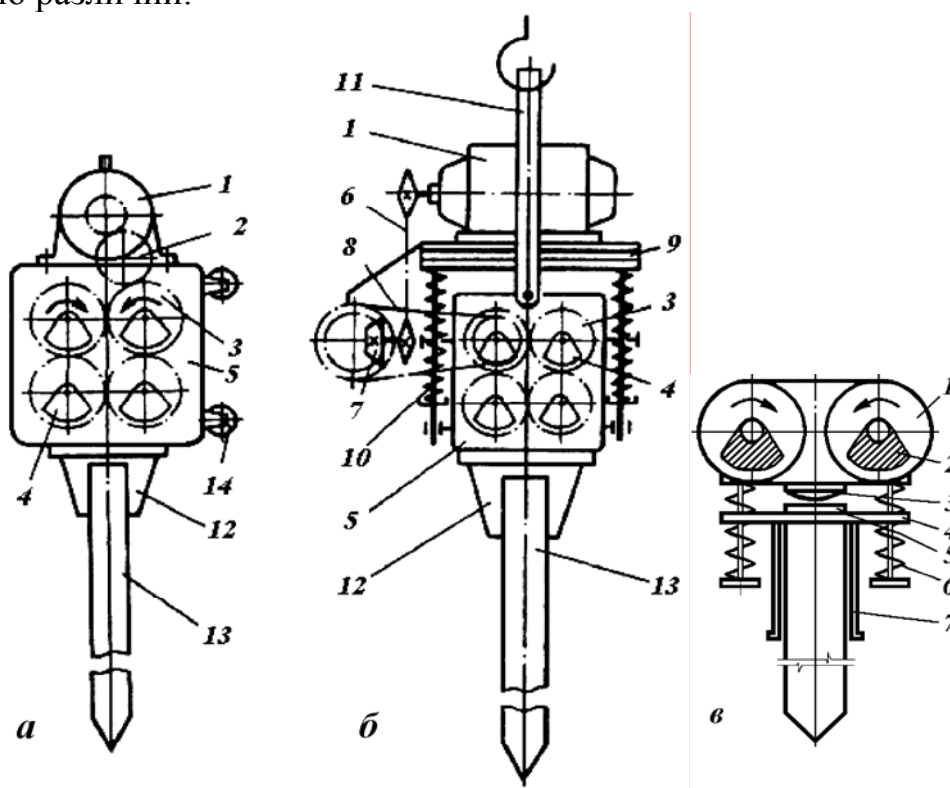


Рис. 8.8. Принципиальные схемы вибропогружателей:
низкочастотного (а), высокочастотного (б) и вибромолота (в)

Высокочастотный вибропогружатель (рис. 8,8, б) включает четыреххвальный вибратор 5, приводной электродвигатель 1 с короткозамкнутым ротором, установленный на подпружиненных пригрузочных плитах 9, и наголовник 12. Наличие между электродвигателем и вибратором амортизирующих пружин 10 позволяет существенно уменьшить вредное воздействие вибрации на электродвигатель: в процессе погружения колебания совершают только вибратор и свая 13.

Изменяя число пригрузочных плит, а следовательно, и массу пригруза, создающего необходимое давление на погружаемый элемент, подбирают оптимальные режимы вибраций, способствующие наиболее эффективному погружению в соответствующую грунтовую среду элемента заданных

параметров. Привод четырехвального вибратора осуществляется через вертикальную цепную передачу 6, конический редуктор 7, горизонтальную цепную передачу 8 и систему синхронизирующих шестерен 3, закрепленных на дебалансных валах с дебалансами 4. Каждый дебаланс вибропогружателя состоит из двух частей, что позволяет регулировать его статический момент изменением взаимного расположения частей. Установка дебалансов в заданном положении осуществляется с помощью подпружиненных фиксаторов. При работе вибропогружатель подвешивается на крюке грузоподъемного устройства с помощью подвески 11.

Вибропогружатели в 2,5...3 раза производительнее паровоздушных и дизельных молотов; они удобны в управлении и не разрушают погружаемые элементы. Основными их недостатками являются непригодность для погружения свай (шпунта) в связные маловлажные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

Вибромолоты сообщают погружаемым элементам как вибрационные, так и ударные импульсы и обеспечивают погружение в плотные грунты металлического шпунта длиной до 13 м, металлических свай и труб длиной до 20 м. Конструкции вибромолотов имеют мало различий. Некоторые типы молотов могут работать как в ударном, так и в безударном режимах в зависимости от жесткости упругой системы, параметров вибратора, сопротивления грунта погружению и т.д.

Вибромолоты используют также для погружения железобетонных свай в однородные водонасыщенные грунты и извлечения из грунта труб, свай и шпунта.

Основными элементами вибромолота являются подпружиненная ударная часть, нижняя пригрузочная плита и наголовник. Ударная часть представляет собой (рис. 8.8, в) двухвальный бестрансмиссионный вибровозбудитель 1 направленных вертикальных колебаний с ударником 3. В корпусе вибровозбудителя смонтированы два электродвигателя, на параллельных валах которых, синхронно вращающихся в различных направлениях, закреплены дебалансы 2 с регулируемым статическим моментом. Ударная часть и нижняя плита 4 с наковальней 5 соединены между собой рабочими пружинами 6. Наголовник 7 соединяется с погружаемым элементом жестко или надевается на него свободно без закрепления.

При вращении дебалансов ударник 3 колеблющегося вибровозбудителя наносит частые (до 24 Гц) удары по наковальне 5, установленной свободно на нижней плите молота и передающей удары непосредственно погружаемому элементу. Режим работы вибромолота (энергия и частота ударов) регулируют в процессе его работы путем изменения зазора между ударником и наковальней, добиваясь в каждом отдельном случае наибольшей производительности машины.

Вибромолоты характеризуются теми же параметрами, что и вибропогружатели, а также энергией и частотой ударов. Вибромолоты имеют суммарную мощность электродвигателей 14...80 кВт, максимальную

вынуждающую силу 112...180 кН, частоту ударов 8...12 Гц. Энергия удара (Дж):

$$E = mv^2 / [2(1 - R)],$$

где m – масса ударной части молота, кг; v – ударная скорость вибромолота, м/с ($v \leq 2$ м/с); R – условный коэффициент восстановления скорости при ударе ($-1 \leq R \leq +1$).

Вибропогружатели и вибромолоты работают в комплексе с копром или стреловым самоходным краном.

Шпунтовыдергиватели предназначены для извлечения из грунта металлических свай, труб и шпунта длиной 10...20 м. Наибольшее распространение получили шпунтовыдергиватели виброударного действия, работающие по принципу вибромолотов. Они оснащаются клиновыми и гидравлическими наголовниками и эксплуатируются совместно со стреловыми самоходными кранами, экскаваторами-кранами и копровыми установками.

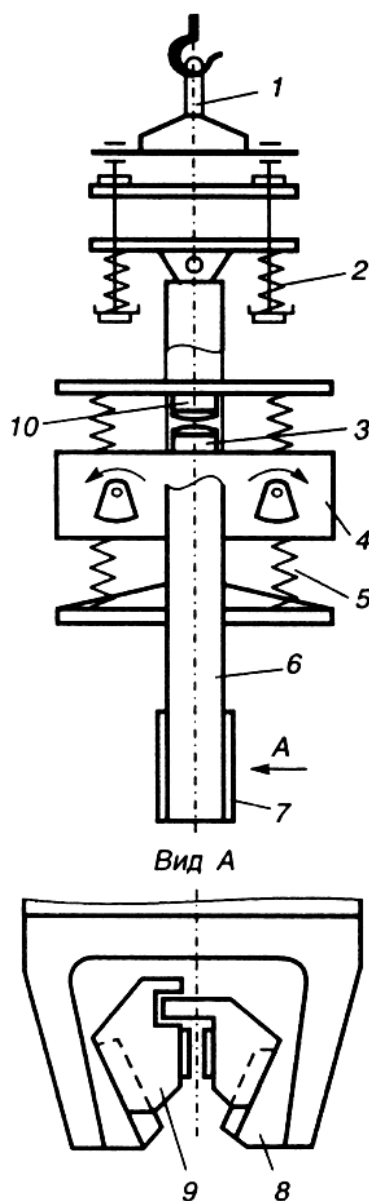


Рис. 8.9 Принципиальная схема шпунтовыдергивателя

Шпунтовыдергиватель (рис. 8.9) состоит из вибровозбудителя 4, виброизолятора 2, подвески 1, рамы 6 с клиновым захватом 7 и пульта дистанционного управления. В корпус вибровозбудителя вмонтированы два

которую въезжает пригрузочный трактор. При массе трактора 40 т включением лебедки через шестикратный полиспаст на оголовник сваи давит усилие 35 т. Часто применяется комбинированное воздействие вдавливания и вибрации с помощью вибровдавляющего погружателя (рис. 8.10), представляющего собой навесное оборудование на тракторе, на котором установлена дополнительная рама 1, на ней спереди крепится направляющая стрела 2, а сзади – генератор 3 и двух-барабанная лебедка 4 с электродвигателем 5. На направляющей стреле подвешен на полиспасте 6 вибропогружатель 7 с наголовником 8, через который передается воздействие на погружаемую сваю 9. Дополнительно продольная устойчивость тракторного вибровдавляющего погружателя создается домкратами 10, устанавливаемыми под раму сзади трактора. В рабочее положение стрела устанавливается одним из двух барабанов лебедки. С помощью другого барабана и 12-кратного полиспаста 11 происходит вдавливание вибрируемой сваи.

Строительной спецификой Санкт-Петербурга является наличие в основании фундаментов зданий структурно-неустойчивых грунтов малой несущей способности. Этим объясняется непрерывно идущий и слабо контролируемый процесс осадочных деформаций и повреждений фундаментов многих зданий, значительная часть которых является объектами историко-культурного наследия. Выбор технологий реконструкции и строительства, в условиях неустойчивых грунтов, требует тщательного предварительного обследования реакций объектов на различные воздействия, в т.ч. ударные и вибрационные, в процессе работ. Недооценка их последствий ведет к значительным повреждениям рядом стоящих домов. По этой причине уже сотни из них находятся в аварийном состоянии, особенно на участках плотной застройки центра города.

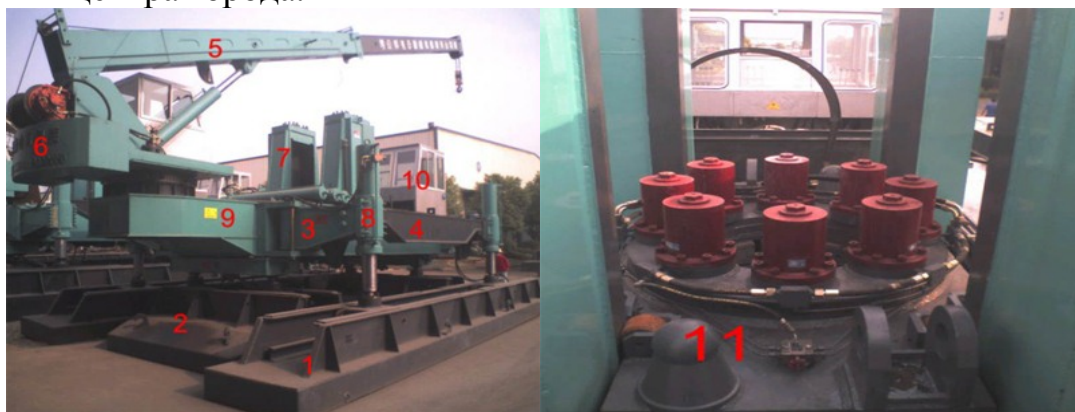


Рис. 8.11. Машина для вдавливания свай Z240 Sunward: 1 – длинная станина; 2 – короткая станина; 3 – вспомогательный кронштейн; 4 – балка противовеса; 5 – стрела крана; 6 – кран; 7 – направляющая шахта (сваевдавляющая платформа); 8 – вертикальный цилиндр; 9 – машина; 10 – кабина; 11 – корб захвата свай (между направляющими шахты 7)

Все это известно давно, и поиск не вызывающих активных деформаций зданий методов выполнения строительных работ, также давно является актуальной задачей. Особенно значимым является подбор безопасных режимов свайных работ в процессе укрепления фундаментов зданий, применение соответствующих технологий и оборудования. В настоящее время новая технология безударного статического погружения свай, разработанная ТОО

«Инжстрой» (Новгород Великий), предлагается совместно с НПСП «Северная пирамида» (Санкт-Петербург) к широкому внедрению (рис. 8.11, 8.12).

ОАО "Пролетарский завод" изготавливает сваевдавливающую установку СУПС-В, которая представляет собой специальную самоходную машину и обеспечивает статическое вдавливание свай сечением до 40×40 см без ограничения длины, с усилием вдавливания до 160 тонн. Вдавливание в грунт сваи или шпунта - надежный и простой способ закладки свайных фундаментов и шпунтовых ограждений. Он исключает динамические и вибрационные нагрузки на конструкции расположенных рядом зданий и сооружений, а также шум и удары при работе. Усилие вдавливания 160 тонн обеспечено введением специального механизма пригруза. Не исключен и способ погружения свай в предварительно пробуренные скважины, что позволяет вести работы в условиях наиболее тяжелых грунтов. Сравнительно небольшие габариты позволяют машине работать также в заводских цехах или других помещениях небольшой площади, где проводится реконструкция или фундаментные работы (рис. 8.13).



Рис. 8.12. Общий вид машины Z240 Sunward для вдавливания свай с усилием 240 т.



Рис. 8.13. Сваевдавливающая установка СУПС-В, выпускаемая ОАО «Пролетарский завод»

В плотные и связанные грунты оболочки диаметром 0,4...0,6 м погружают мощными паровоздушными молотами одинарного или двойного действия. В песчаные и малосвязные грунты оболочки диаметром 0,6...1 м погружают низкочастотными погружателями типа ВП-1, ВП-3.

Железобетонные оболочки диаметром

1,6...2 м погружаются низкочастотными вибропогружателями типа ВП-160, ВП-170, ВУ-1,6 и ПНВ-50/140. Оболочки диаметром 3, 4 и 5 м необходимо погружать двумя синхронно работающими вибропогружателями ВП-160, ВП-170 или ВП-250, установленными на общем наголовнике. Частоту вибрации следует выбирать исходя из группы грунта. При погружении свай-оболочки в песчаные грунты обычно применяют высокую частоту вибрации (600...800 в минуту). Для глинистых грунтов желательна меньшая частота вибрации (300...400 в минуту), но при этом необходимо увеличивать момент эксцентриков. У сблокированных вибропогружателей параметры суммируются. Это дает возможность спаренными вибропогружателями погружать оболочки диаметром 3, 4 и 5 м на глубину до 15 м в грунты средней плотности. Например, электродвигатель вибропогружателя ВЛ-160 имеет мощность 160 кВт.

Вибропогружатели к оболочкам крепятся посредством переходного патрубка. Ось вибропогружателя при этом должна быть соосна оси оболочки. Гайки болтов крепления вибропогружателя к переходному патрубку и переходного патрубка к оболочке должны быть хорошо затянуты. В процессе погружения оболочки гайки нужно неоднократно подтягивать, для чего монтажнику необходимо несколько раз подниматься к вибропогружателю на высоту 8...10 м. Поэтому в последнее время созданы безболтовые переходные патрубки с механическими или гидравлическими зажимами, автоматически закрепляющими вибропогружатель и сваю-оболочку.

Погружению свай-оболочек препятствуют возрастающие силы трения грунта по внутренней поверхности оболочек, поэтому в процессе погружения периодически удаляют грунт из внутренней полости при помощи грейферов, эрлифтов, гидроэлеваторов и т.п.

В слабосвязанных грунтах для уменьшения сил трения иногда применяют подмыв. Подмывные трубы крепятся специальными хомутами снаружи к погружаемой оболочке. Нижние концы труб снабжаются насадками с одним центральным и четырьмя боковыми отверстиями. Диаметр отверстий 8...18 мм. Насосная установка, применяемая для подмыва, должна обеспечивать давление 0,5...1 МПа (5...10 кгс/см²) при производительности 150 м³/ч на каждую подмывную трубу. Количество подмывных труб выбирается из расчета одна труба на 1...1,5 м периметра оболочки.

Вибропогружатель с регулируемыми параметрами ПНВ-50/140 (рис. 8.14) позволяет в процессе погружения изменять режим вибрирования и амплитуду вынужденных колебаний вибросистемы и используется для погружения оболочек различного веса и размеров. Вибропогружатель состоит из двух вибраторов 1, фундаментного переходника 2 приводных электродвигателей 3 автоматического наголовника 4 и пульта управления 5. Вибратор представляет собой сварной корпус, в котором установлены два грузовых вала. На валах жестко установлены эксцентрики с гидравлическим приводом изменения радиуса инерции. Вращение дебалансных валов синхронизируется парой цилиндрических шестерен, жестко закрепленных на концах грузовых валов. Вибраторы монтируются на полом фундаменте-переходнике, представляющем

собой обечайку с отверстием 1400 мм. Снизу к переходнику крепится автоматический наголовник. Отверстие в фундаментном переходнике вибратора позволяет в процессе погружения опускать в полость оболочки грунторазрабатывающие и грунтоудаляющие механизмы. Вибраторы машины вращаются двумя электродвигателями мощностью по 75 кВт.

Автоматический наголовник для крепления вибропогружателя к погружаемой оболочке включает верхнюю и нижнюю обечайки, соединенные между собой болтами. Между фланцами и косынками верхней обечайки наголовника по периметру размещены четыре шарнирно закрепленных гидравлических домкрата грузоподъемностью по 20 т каждый. К штокам домкратов подвешены зажимные фартуки. Насосная станция, питающая домкраты, размещена внутри верхней обечайки. Работа наголовника контролируется с пульта управления вибропогружателем.

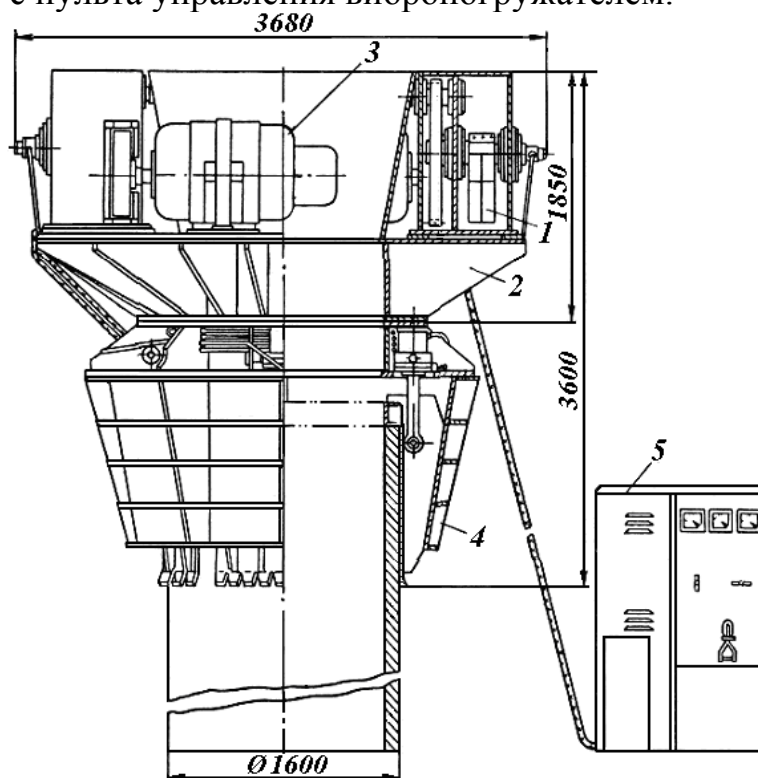


Рис. 8.14. Вибропогружатель для свай-оболочек ПНВ 50/140

На рис.8.15. приведена схема **установки для завинчивания свай**. Сваю, снабженную винтовой лопастью, подают в трубу-оболочку, вращением которой завинчивают сваи, а затем освобождают ее от оболочки с помощью специального механизма. Винтовые лопасти остаются в грунте, в качестве опорных башмаков.

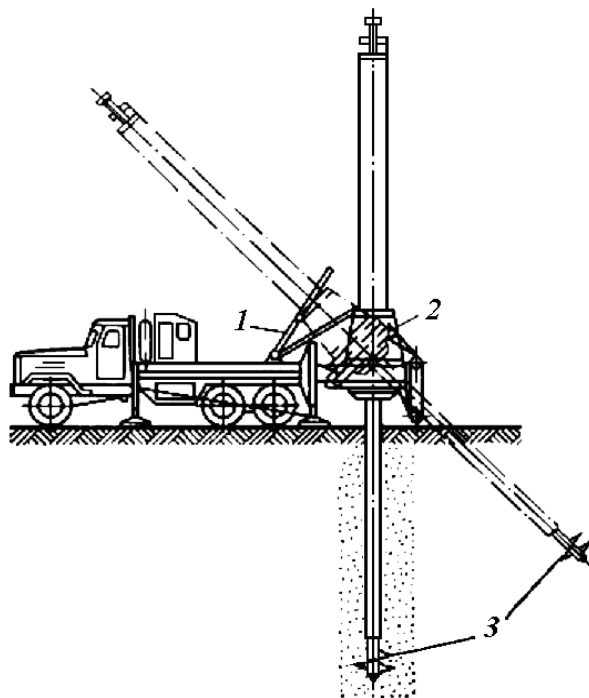


Рис. 8.15. Установка МЗС-13 для завинчивания свай:

1 – устройство для изменения наклона трубы рабочего органа; 2 – привод рабочего органа; 3 – свая

8.3 Оборудование для погружения свай в мерзлые грунты

При строительстве на вечномерзлых грунтах применяется один из двух вариантов. Вечномерзлые грунты могут использоваться в качестве основания под здания и сооружения. Сущность этого варианта заключается в поддержании мерзлого состояния грунта в течение всего периода эксплуатации сооружений. По второму варианту грунты могут находиться в оттаивающем или оттаявшем состоянии.

При устройстве свайных фундаментов на вечномерзлых грунтах сваи погружают следующими способами (рис. 8.16): *а* – установка свай при помощи грузоподъемных механизмов в пробуренные скважины с заполнением их грунтовым раствором; *б* – погружение свай в предварительно оттаянный грунт в местах погружения паровыми или электроиглами; *в* – забивка свай в пробуренные лидерные скважины, диаметр которых меньше наименьшего размера поперечного сечения свай (этот способ принято называть бурозабивным); *г* – забивка свай в вечномерзлый грунт без предварительной подготовки.

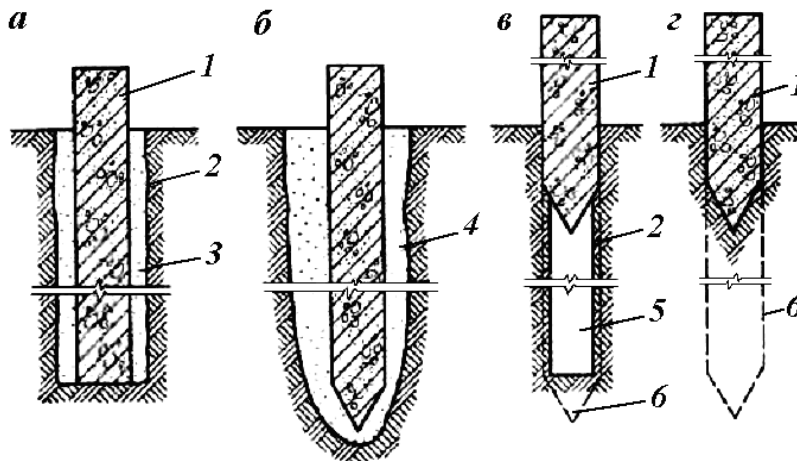


Рис. 8.16. Схемы погружения свай в вечномерзлые грунты:

1 – свая; 2 – стенка скважины; 3 – грунтовой раствор; 4 – оттаянный грунт; 5 – лидерная скважина для бурозабивной скважины; 6 – проектное положение свай

Первые два способа более эффективны при наличии твердо-мерзлых грунтов – прочно сцементированных песчаных и глинистых, имеющих температуру от $-0,3 \dots -1,5^\circ$ и ниже. Для этих грунтов характерно относительно легкое (хрупкое) разрушение. Мерзлый грунт в местах погружения свай отогревают с применением теплоэлектронагревателей (ТЭНов), электродов, а также газовых горелок и другими способами. Сущность этих способов заключается в том, что тепло, вводимое в мерзлую толщу грунта, расплавляет почвенный лед и грунт оттаивает. Важное значение имеет выбор направления теплового потока, которое зависит от способа передачи тепла от нагревательного прибора к грунту. Применяется прогрев грунта сверху вниз, радиальный и снизу вверх. Для отогрева грунта сверху вниз, как правило, применяют топливо (твердое, жидкое и газообразное). С этой целью используют электронагревательные устройства (отражательные электропечи, горелки инфракрасного излучения) и химические способы.

При оттаивании грунта с помощью электроэнергии по схеме снизу вверх применяют, как правило, глубинные электроды. Для этого можно использовать нагреватели с регулируемой длиной активной части. Активная часть всегда находится в нижней части шпура, а верхняя часть стержня – вне скважины. Толщину слоя непрогрева, защищающего от утечки тепла, обычно принимают равной 10...15 см. Отогрев зоны грунта диаметром 40...50 см занимает 16...20 ч. Мощность одного нагревателя – 1,5...2,5 кВт.

При радиальном направлении оттаивания тепловой поток распространяется во все стороны перпендикулярно к установленному ТЭНу в мерзлой зоне грунта. Шпуры для ТЭНов бурят диаметром 4...10 см и глубиной не менее $3/4$ толщины мерзлого слоя. В этих случаях применяют трубчатые электронагреватели, электронагреватели коаксиальные, инфракрасного излучения и др.

В технологической схеме подготовки грунта этим способом предусмотрены следующие операции: бурение скважин-шпуров диаметром 5...8 см; установка ТЭНов в пробуренные шпуры; утепление грунта в местах установки ТЭНов и подключение их; прогрев и термоосмосное выдерживание грунта; отключение ТЭНов и перенос их на новое место. Для утепления скважин после установки в них электродов применяют шлаковату, стекловату, шевелин, опилки.

Электронагреватели инфракрасного излучения так же, как и ТЭНов, устанавливают в предварительно пробуренные шпуры. Применение ТЭНов инфракрасного излучения позволяет отогреть за 5...6 ч зону грунта в диаметре 40...50 см при температуре наружного воздуха -25° . В последнее время для отогрева грунтов широко применяют коаксиальные электронагреватели, которые безопасны в эксплуатации, и их можно устанавливать в контакте с грунтом любой влажности. Между собой нагреватели соединяют медными или алюминиевыми шинами. В качестве источников питания используют силовые трансформаторы

или передвижные электростанции. Способы установки коаксиальных электронагревателей и их утепление такие же, как при применении ТЭНов.

Бурозабивным и забивным способами обычно погружают сваи при устройстве фундаментов в тех районах, где вечномёрзлые грунты находятся в пластичномёрзлом состоянии. Такие грунты хотя и сцементированы льдом, но обладают свойствами вязкости; при передаче нагрузок они способны сжиматься.

Способ проходки скважин зависит как от мерзлотно-грунтовых условий площадки, так и от способа погружения свай. Так, при погружении их бурозабивным способом поверхность стенок скважины должна быть ровной, а поперечные размеры соответствовать проектным. Для образования таких скважин применяют машины вращательного бурения и трубчатые буры. Эффективность бурового оборудования в значительной мере зависит от конструкции режущей части рабочего органа – бура. Высокой производительностью отличаются буры с твердосплавными резцами.

При бурении скважин трубчатыми бурами, как правило, используют те же машины, что и для забивки свай. Трубчатый бур представляет собой стальную трубу со стенками 1 толщиной 12...19 мм, скрепленными верхним торцом 2 с рабочим органом сваепогружающего агрегата (рис. 8.17, а). В боковой поверхности трубы имеется отверстие для удаления керна 3 из внутренней полости лидера, куда поступает грунт. В нижней части лидера имеется наконечник 4, изготовленный из стали повышенной прочности. Он позволяет получить скважину на 10...20 мм больше наружного диаметра трубы и извлекать керн (грунт) диаметром на 10...12 мм меньше внутреннего диаметра трубы.

Бур вначале устанавливают на точку будущей скважины, потом погружают лидер на заданную отметку и извлекают лидер из скважины. При бурении следующей скважины грунт выдавливается из трубы 1.

Для уменьшения начального усилия, необходимого для извлечения лидера 5, его оснащают специальным устройством (рис. 8.17, б), состоящим из нижней 1 и верхней 2 плит и пружин 4, прикрепленных к плитам болтами 3. Между трубой 5 и плитой 1 имеется зазор 6. При воздействии нижней подвижной плиты на поверхность мерзлого грунта сжимаются пружины, напряжение которых значительно снижает начальные усилия при извлечении лидера из скважины.

При строительстве на засоренных территориях (места свалок), где бурить скважины трубчатыми бурами затруднительно, применяют пробойники и клинья. На рис. 8.17, в показана схема клина конструкции НИИПромстроя, оснащенного отталкивающим устройством (1 – клин; 2, 3 – плиты; 4 – пружина; 5 – болт).

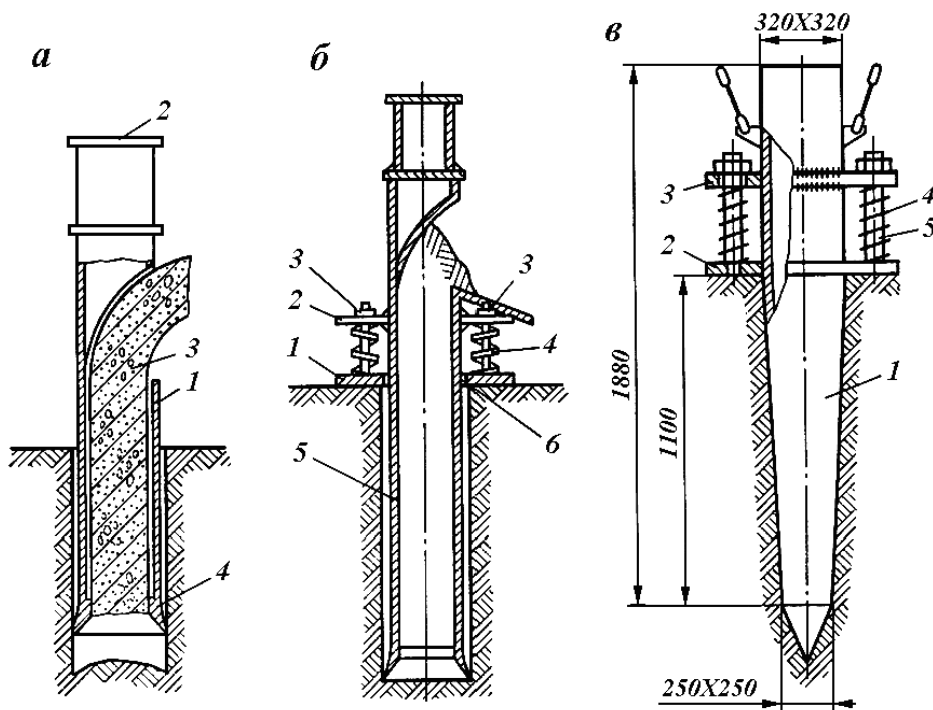


Рис.8.17. Устройства для образования скважин под сваи:

а – трубчатый бур с ножами кесонного типа; *б* – то же с отталкивающими пружинами и опорной плитой; *в* – клин конструкции НИИПромстроя

Технология погружения свай в скважины заключается в разбурировании и заливке ее грунтовым раствором и установке свай в скважину. Возможен вариант заливки раствором и после установки свай. В ряде случаев скважины заполняют до установки свай глинистым раствором. Последний отжимается опускаемой сваей вверх и плотно заполняет пазухи между стенками свай и скважиной.

Для заливки скважины после установки свай применяют как глинистый, так и песчаный раствор. В практике строительства чаще используют глинистые растворы, которые не требуется уплотнять в отличие от песчаных растворов.

Для ускорения смерзания свай с грунтовым раствором применяют различные способы, ускоряющие замораживание грунтов. К числу их относятся предварительное охлаждение скважины наружным воздухом – отсасыванием воздуха из скважины вентилятором или компрессором, а также охлаждение холодным воздухом свай, имеющих специальные полости для нагнетания воздуха.

8.4. Устройства для срезки свай

В состав работ по устройству ростверков в зависимости от их конструктивного решения входят: срубка (срезка) голов свай, устройство опалубки, установка арматурных каркасов и бетонирование (в монолитных и сборно-монолитных ростверках); срубка голов свай и монтаж элементов сборных ростверков.

До начала работ по устройству монолитного ростверка или монтажа элементов сборного ростверка необходимо составить исполнительную схему на погруженные или изготовленные буронабивные сваи. В ней указывают

фактическое положение свай в плане и высоту выступающей части. Отклонения не должны превышать допусков, предусмотренных СНиП.

После приемки забитых свай на них наносят отметки линий, выше которых головы свай требуется удалить. При этом учитывают необходимую высоту сопряжения свай с ростверком, которая зависит от характера прилагаемых нагрузок.

В свайном фундаменте, рассчитанном на вертикальные нагрузки, головы свай заделывают в сборный ростверк на 25 см, а в фундаментах, воспринимающих горизонтальные нагрузки, глубина заделки должна быть не менее 40 см, выпуски концов арматуры – не менее 10 см. При сопряжении голов свай с монолитным ростверком в фундаментах, работающих на вертикальные нагрузки, допускается заделывать головы свай на глубину 5...10 см без заделки выпусков арматуры.

В связи с тем, что забить сваи на заданную отметку удастся не всегда, приходится срезать (срубать) их головы до требуемого уровня. Применяемые в настоящее время для этих целей устройства разрушают бетон ствола свай механическим, взрывным и термическим способом.

Тип устройства, применяемого для срезки свай, зависит от способа сопряжения свай с ростверком, а также от сечения свай и ее конструктивных решений. Опыт показывает, что при устройстве всех видов ростверков можно применять все названные способы. Для подготовки голов свай к опиранию на них плитного или панельного ростверка целесообразно применять установки, обеспечивающие горизонтальность верха срезаемых свай. Для этого были разработаны устройства различных типов.

В практике широко применяют механические способы срубки (срезки) концов свай. Установка, применяемая на объектах Главкузбасстроя работает по принципу разрушения бетонного ствола свай клиновыми резцами, которые приводят в движение гидроцилиндры, питаемые от автономной приводной станции. Рабочим органом установки являются зубья: два подвижных на каретке и два неподвижных на передней части. Каретка с закрепленными на ней зубьями перемещается посредством гидроцилиндров, подключенных к автономной приводной станции. Устройство навешивают на сваю при помощи грузоподъемного механизма. Обслуживают установку два оператора и машинист гидроподъемной машины. В смену таким устройством можно срезать 100...150 свай сечением 35×35 и 30×30 см. Масса навесного устройства для срезки свай – 270 кг, мощность электродвигателя – 4,5 кВт.

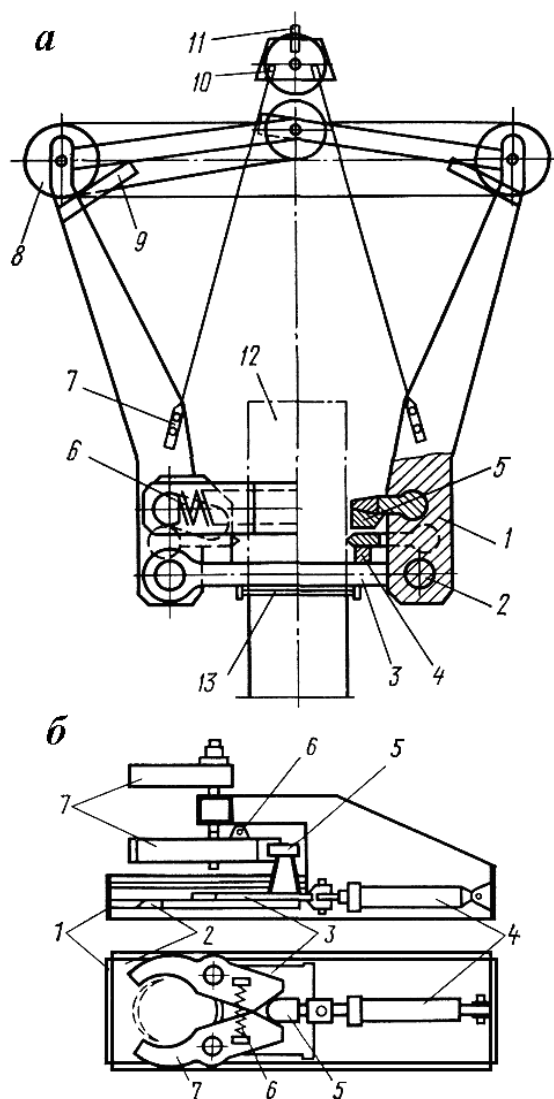


Рис. 8.18. Оборудование для срезки голов свай:

а – конструкции Главдальстроя: 1 – рычаг; 2 – палец; 3 – рама; 4 – нижний нож; 5 – верхний нож; 6 – пружина; 7 – монтажный крючок; 8 – полиспаст; 9 – упор; 10 – петля; 11 – тяговая петля; 12 – свая; 13 – струбцина;
б – сваерез с захватом: 1 – корпус; 2 – неподвижный нож; 3 – подвижный нож; 4 – гидроцилиндр; 5 – клин; 6 – пружина возврата; 7 – рычаги

Устройство для срезки концов свай конструкции Главдальстроя (рис. 8.18, *а*) состоит из двух рычагов 1, соединенных в нижней части рамой 3, а в верхней через полиспаст – гибкими связями. Рабочий орган представляет собой две пары ножей 4 и 5, возвратное 6 и монтажное 7 устройства. Установку навешивают на крюк грузоподъемного механизма и опускают на сваю 12, на которой предварительно закрепляют струбцину 13. После этого с монтажных крючьев снимают канаты и подают команду для подъема тягового блока. При этом рычаги сходятся вместе с закрепленными на них ножами. После разрушения бетона и оголения арматуры прекращают подъем тягового блока, и по мере опускания его рычаги под действием возвратного устройства становятся в исходное положение. Установку обслуживает звено из трех человек. Двое рабочих по заданным отметкам устанавливают струбцины, а звеньевой вместе с крановщиком срезает оголовки. После этого при помощи бензореаза обрезают оставшуюся арматуру. Недостатком этого устройства является необходимость последующей срезки арматуры. Наибольшее сечение

диафрагмы 22, закрепляемой как на стенке опорного цилиндра 8, так и на поршне 9. Полость силового цилиндра 8, не заполняемая рабочей жидкостью, должна соединяться с атмосферой отверстием 23. Рабочая полость 11 силового цилиндра 8 соединена трубопроводом 12 с рабочими полостями силовых цилиндров 5 и с напорной магистралью 13 через гаситель в виде последовательно установленных гидроаккумуляторов 14. Соотношение размеров стенки кольцевой камеры 15 и буртика 16 таковы, что имеется зазор между буртиком 16 и крышкой 19 гидроаккумуляторов 14.

Вибратор 6, воздействуя на нож 3 и через его режущую кромку на сваю 24, воздействует также через шток 7 и поршень 9 на рабочую жидкость, расположенную в рабочей полости силового цилиндра 8. За счет того, что рабочая жидкость не сжимаемая, вибрация через рабочую жидкость передается в рабочую полость силовых цилиндров 5, создавая также кроме статического и вибрационное воздействие ножа 4 на сваю 24.

В практике устройство для срезки свай подсоединяется к гидросистеме базовой машины, например экскаватора. Гидроаккумулятор 14, первый воспринимающий колебания, имеет упругий элемент 20, например пружину довольно значительной жесткости, диафрагма или поршень 18 имеет небольшие колебания. Колебания рабочей жидкости, ослабленные частично поршнем 18 с упругим элементом 20 и частично за счет отражений в расширенной, по сравнению с трубопроводом 12, рабочей камеры 17 гидроаккумулятора 14, передаются через кольцевую камеру в другой гидроаккумулятор 14 с диафрагмой или поршнем 18 с более жестким упругим элементом 21, который вместе с эффектом отражения волн в рабочей камере 17 и в кольцевой камере 15, практически гасит колебания, не пропуская их в гидросистему базовой машины.

Форма режущих кромок ножей 3 и 4 обеспечивает концентрацию усилий на ножах, а вибрация приводит к снижению этих сил.

Установка СП-61, Орского завода строительных машин (рис. 8.20), работает по принципу скручивания ствола сваи, для чего требуются меньшие затраты мощности и времени. Этим устройством можно захватывать сваю сбоку в любом ее месте, выступающем над поверхностью земли. Шарнирные губки и гидрозажим передают нагрузку по всем боковым граням сваи.

Устройство СП-61 может работать как с собственной станцией, так и в качестве навесного оборудования на машинах с гидравлическим приводом: экскаваторах и кранах. В этом случае безнасосную станцию подвешивают на стрелу, подключают ее к насосной станции базовой машины и управляют из кабины машиниста.

Основными узлами установки являются верхний 1 и нижний 2 захваты, держатель 5, служащий для охвата сваи 3, гидроцилиндр 4 для перемещения захватов с держателями и два гидроцилиндра 7 с гидрозажимами 6, на стяжках с цилиндрическими шарнирами 8 для охвата сваи без зазора.

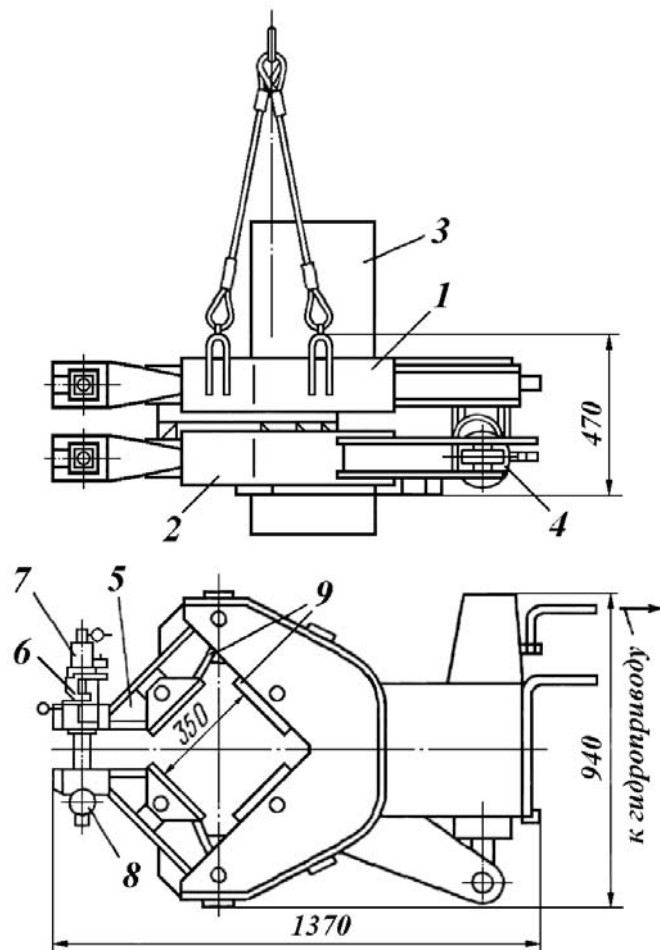


Рис. 8.20. Схема устройства для скручивания железобетонных свай

Сечение срезаемых свай – 30×30 см, наименьшая высота срезки – 0,18 м, установленная мощность – 5,5 кВт, масса устройства – 630 кг, масса бензонасосной станции – 460 кг, производительность – срезка 12 свай в 1 ч.

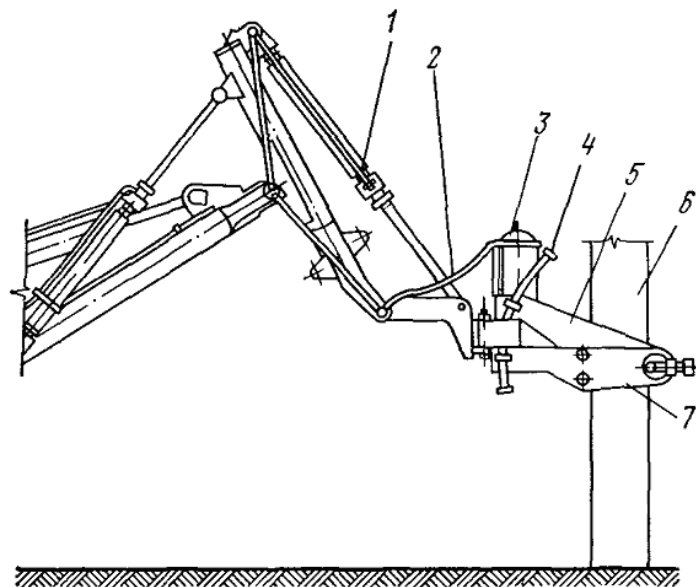


Рис. 8.21. Схема сваелома:

1 – гидроцилиндр ковша экскаватора; 2 – шланги высокого давления; 3 – гидроцилиндр сваелома; 4 – направляющие дуги; 5 – верхний рычаг; 6 – свая; 7 – нижний рычаг

Сваелом конструкции П.П. Супруна состоит из рамы, нижнего и верхнего рычагов. Нижний рычаг неподвижный, верхний может поворачиваться относи-

тельно оси при помощи гидроцилиндра. Бетон разрушается вследствие создания в свае изгибающего момента и разрушения в зоне растягивающих напряжений. Сваелом обслуживают двое рабочих. Гидроцилиндр сваелома подключают к гидросистеме механизма, на который его навешивают. Для этой цели можно использовать экскаватор на базе трактора «Беларусь» (рис. 8.21).

Сваеруб конструкции СКБ Мосстрой Главмосстроя (рис. 8.22), использующий пороховой заряд, состоит из следующих основных частей: П-образного корпуса с закрепленным на нем по контуру щитом, предохраняющим от разлета осколков, подвижного ножа корпуса, перемещающегося при работе по продольным осям откидного неподвижного ножа, расположенного в траверсе, и установочного свайного хомута с направляющими под опорные рамки-каретки, смонтированными на корпусе сваеруба. Механизм выстрела располагают на корпусе. На сваю сваеруб навешивают при помощи грузоподъемного устройства. После этого свободные концы корпуса замыкают траверсой с неподвижным ножом, заряжают и производят выстрел, под действием которого свая срезается под отметку. Цикл работы сваеруба завершается выбросом гильзы, снятием хомута и транспортировкой срезанного конца сваи за пределы свайного поля. Масса сваеруба – 300 кг, производительность его – 160 свай в смену.

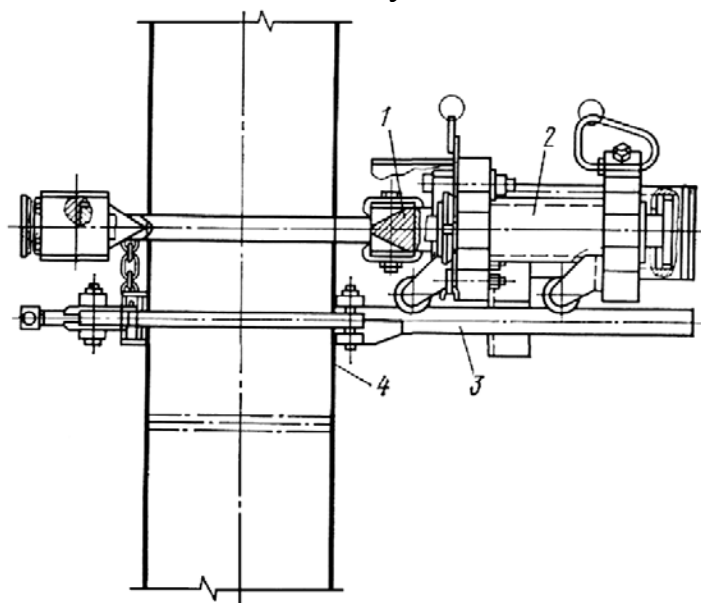


Рис. 8.22. Схема порохового сваеруба:

1 – клиновые зубья; 2 – механизм подачи; 3 – рама; 4 – свая

Способ огневой срезки концов железобетонных свай основан на использовании свойства бетона разрушаться под действием высокотемпературного нагрева факелом горелки ракетного типа. Горючую смесь (керосин, кислород, сжатый воздух) подают к горелке по шлангам от специальной передвижной станции. Этим способом наиболее целесообразно срезать концы свай с большим количеством стержней арматуры.

В сборных ростверках для обеспечения горизонтальности торца сваи используют устройства С-993, оснащенные вращающимися дисками, армированными алмазными или карборундовыми вставками. Мощность электродвигателя этого устройства – 9,5 кВт, масса – 600 кг, производительность – 6...7 свай в 1

ч. Для спиливания свай устройство грузоподъемным механизмом устанавливают на головку сваи и закрепляют гидрозажимами в положении, обеспечивающем расположение дисков на уровне линии срезки. После этого приводят в действие алмазно-металлические диски включением электродвигателя. Установку обслуживает крановщик и двое рабочих. Широкое применение установок этого типа сдерживается необходимостью охлаждения дисков водой. Применяют также и другие спиливающие устройства, одно из которых приведено на рис. 8.23, а. Заданный уровень срезки обеспечивается с помощью прибора управления лучом лазера (ПУЛ). Шпиндель пилы укреплен на кронштейне, который может перемещаться по вертикали и горизонтали с помощью гидроцилиндров. Приемником ПУЛ, укрепленным на шпинделе, определяют высоту подрезки. Применение этого механизма обеспечивает высокую точность срезки.

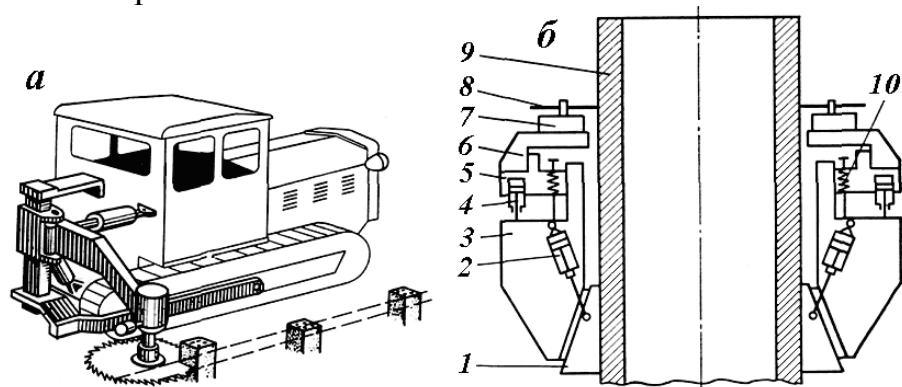


Рис.8.23. Устройство для спиливания концов свай:

а – на базе трактора; б – схема устройства для срезки голов полых свай: 1 – зажимы; 2 – гидроцилиндры; 3 – станина; 4 – гидродомкраты; 5 – кольцевая платформа; 6 – поворотный круг; 7 – суппорт; 8 – режущие диски; 9 – полая свая; 10 – винтовые домкраты

Для спиливания голов полых свай можно использовать устройство конструкции ПКБ Главстроймеханизация Минтрансстроя (рис. 8.23, б). Рабочие органы этого устройства (диски) перемещаются в радиальном направлении по отношению к свае. Перед началом работы, когда устройство находится на земле, суппорты, диски и поворотный круг ставят в исходное положение. На сваю устройство опускают при помощи крана и крепят его зажимами. Точную наводку дисков на линию среза сваи-оболочки производят с помощью гидравлических домкратов. Затем фиксируют положение инструмента винтовым домкратом. Вращающиеся диски перемещаются по периметру сваи-оболочки. Скорость резания регулируют изменением скоростей подачи суппортов и вращения поворотного круга.

Для устройства ростверков на свайном основании часто требуется срезать сваи таким образом, чтобы оставались выше среза арматурные стержни заданной длины. Для этого разработано устройство для срезки железобетонных свай, разрушающее бетон и позволяющее срезать арматурные стержни выше уровня среза сваи (авт. свид. 1176028, Б.И. 1985 г. № 32, авторы Волков С.А., Евтюков С.А., Киселев Г.М., Ражев В.П.).

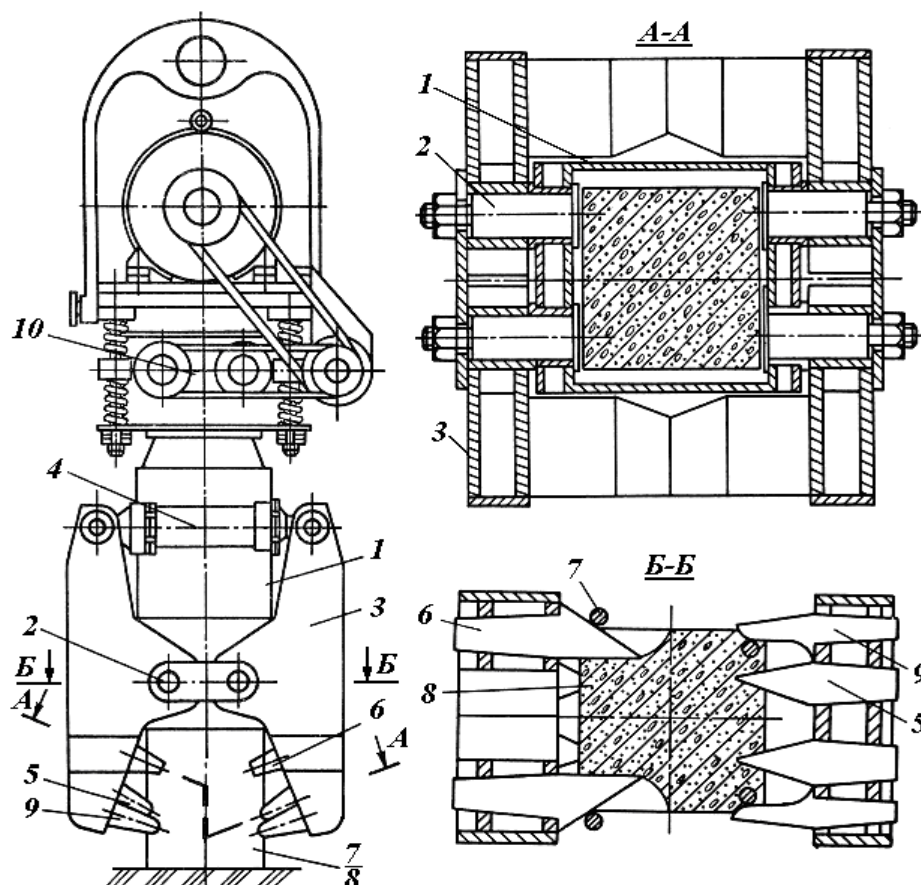


Рис. 8.24. Устройство для срезки свай с сохранением арматуры над срезом

Устройство (рис. 8.24) содержит вибровозбудитель 10, замкнутую полуую раму 1, закрепленные на ней посредством шарниров 2 двуплечие рычаги 3, одни концы которых соединены гидроцилиндрами 4, и режущие органы 5, выполненные, например, в виде конусных клиньев и закрепленные на свободных концах рычагов. С целью снижения энергоемкости срезки, каждый рычаг снабжен ножами-фиксаторами 9, имеющими в плане рабочие опорные поверхности, параллельные между собой и расположенные под режущими органами, и парой зубьев 6, имеющих в плане форму клина и размещенных над режущими органами, при этом расстояние по вертикали между зубьями для отгиба арматуры и ножами-фиксаторами равно не менее десяти диаметров арматуры свай, а вибровозбудитель установлен в верхней части рамы. Зубья 6 служат для отгиба вертикальных арматурных стержней 7 и извлечения их из тела сваи 8. Вибровозбудитель 10 закреплен в верхней части рамы и способствует снижению усилия разрушения бетона и съема срезанной части с продольных арматурных стержней. Направление колебаний вибровозбудителя совпадает с осью сваи 8.

Устройство работает следующим образом. С помощью крана устройство надевают на сваю 8 таким образом, чтобы ножи-фиксаторы 9 своими режущими кромками были установлены на отметке среза сваи 8. Рабочую жидкость подают в рабочую полость силовых гидроцилиндров 4. Силовые гидроцилиндры 4 воздействуют на рычаги 3, а те, в свою очередь, — через режущие органы 5, зубья для отгиба арматуры 6 и ножи-фиксаторы 9 — на сваю 8. Когда режущие органы 5 внедряются в сваю 8 на половину своей длины, а

ножи-фиксаторы на всю длину, включается вибровозбудитель 10, который, непосредственно воздействуя на сваю 8 через режущие органы 5 и зубья 6, создает в месте среза сваи 8 переменные напряжения растяжения-сжатия, при этом на устройство воздействуют тяговым канатом, который весь цикл срезки сваи 8 должен оставаться слегка натянутым.

Устройство обеспечивает срезку железобетонных свай, расположенных в ряд или кустами, и съем срезанной части без нарушения арматуры.

8.5. Машины и оборудование для изготовления буронабивных свай

Набивные сваи после их изобретения и внедрения в России в 1899 г. широко применяют во многих странах мира. В последние несколько десятилетий объем применения набивных свай значительно возрос. Такие сваи целесообразно устраивать на площадках со сложными инженерно-геологическими условиями, затрудняющими или делающими невозможным применение забивных свай; на площадках с большой толщиной просадочных грунтов; в застроенных районах, где погружение забивных свай может привести к деформациям элементов несущих конструкций или оборудования. Кроме того, при устройстве набивных свай исключается шум, вызываемый работой молотов.

При изготовлении набивных свай решаются вопросы увеличения диаметра ствола свай (до 1,5 м и более) при глубине заложения 60 м и более, для передачи на них больших сосредоточенных нагрузок (500...1000 т и более на одну сваю) и армирования ствола сваи на расчетном участке. Набивные сваи устраивают по индивидуальным проектам в соответствии с нормативно-инструктивными документами. В настоящее время в практике отечественного фундаментостроения применяют буронабивные сваи с уширениями и без них.

Технология изготовления таких свай зависит от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки. Можно выделить следующие основные способы их устройства: без специальных мероприятий по креплению стенок скважин; под защитой глинистого раствора или избыточного давления воды; с креплением стенок скважин инвентарными или не извлекаемыми металлическими обсадными трубами; с обсадкой стенок скважины железобетонными кольцами или оболочками.

Способ изготовления буронабивных свай без крепления стенок скважины рекомендуется применять при прорезании устойчивых связанных грунтов (глинистые грунты твердой, полутвердой, тугопластичной консистенции, в том числе просадочные и набухающие); при залегании грунтовых вод в период строительства ниже пяты свай.

Конструкция буронабивных свай и способ их изготовления зависят от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки, их размеров (глубины и диаметра). Определяющими условиями при этом являются метод и средства крепления стенок скважин. Способ устройства буронабивных свай, при котором устойчивость стенок скважины в процессе ее бурения и последующего бетонирования обеспечивается только за счет сил сцепления

между частицами грунта, условно называют сухим способом. Таким способом изготавливают сваи, как правило, в сухих и маловлажных устойчивых грунтах при длине свай до 30 м диаметром 0,4...1,2 м.

Прототипом буронабивных свай являются сваи Страуса. Название они получили по фамилии автора – инженера А.Э. Страуса. Технологический процесс их изготовления состоит в следующем. Методом ударно-вращательного бурения под защитой обсадной трубы диаметром 250...375 мм бурят скважины длиной до 12 м. После очистки от шлама скважину заполняют бетоном отдельными порциями, трамбованием его и постепенным извлечением обсадной трубы. Верхнюю часть ствола сваи армируют. На изготовление свай Страуса затрачивается много ручного труда. Вследствие этого изготавливают их крайне редко, в основном для усиления фундаментов зданий и то только в сухих грунтах.

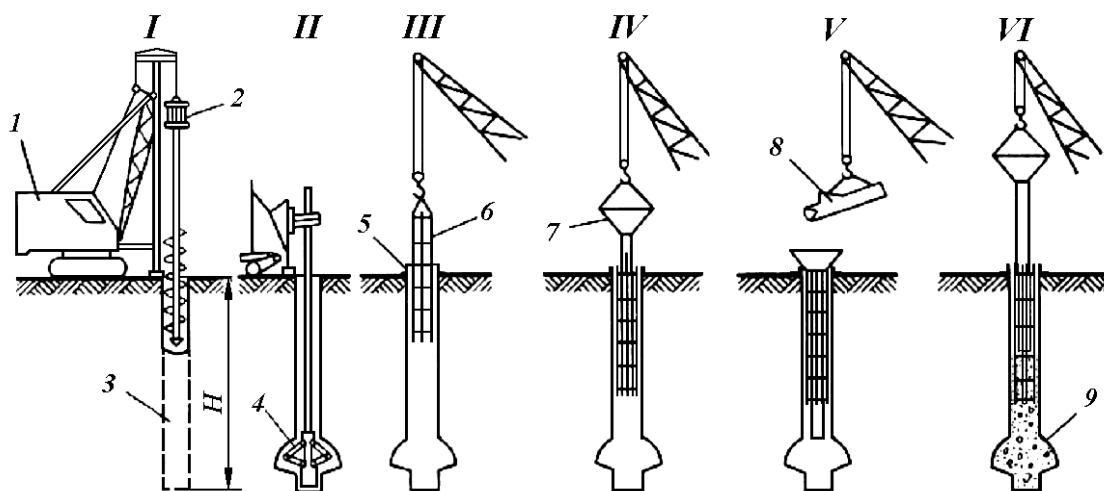


Рис. 8.25. Технологическая схема устройства буронабивных свай с уширенной пятой сухим способом: I – бурение скважины; II – устройство уширенной полости; III – установка обсадного патрубка и армирующего каркаса; IV – установка воронки; V – заполнение скважины бетонной смесью; VI – извлечение обсадного патрубка и воронки; 1 – буровая установка; 2 – электропривод; 3 – буровая скважина; 4 – уширитель; 5 – обсадной патрубков; 6 – армирующий каркас; 7 – воронка; 8 – бадья; 9 – бетонная смесь

В настоящее время буронабивные сваи устраивают с применением комплексно-механизированных средств (рис. 8.25). Для бурения скважин применяют установки СО-2, СО-1200, СБУ-2, БУК-600 и др., оснащенные шнеком или буровым ковшом. Тип рабочего органа выбирают с учетом диаметра скважины, ее глубины и вида грунтов. Разработку скважины диаметром до 0,6 м ведут шнековыми бурами, а более – ковшовыми бурами. До начала бурения на грунт устанавливают кондуктор. Применять его особенно желательно при расположении свай кустами. Устье скважины от возможного обрушения защищают металлическим патрубком. В грунтах, исключающих осыпание грунта (особенно в процессе бетонирования), такой парубок можно не устанавливать.

Бурят скважины с периодической выдачей грунта на поверхность в отвал или в транспортные средства. При необходимости в нижней части сваи или по длине скважины разбуривают полость для устройства уширения. По окончании бурения скважины устанавливают соответствие ее размеров проектным, верти-

кальность и сохранность стенок, качество основания. Осмотр ведут при помощи прибора типа перископ или телевизионной камеры. Глубину и диаметр уширения скважины измеряют при помощи приборов конструкции НИИОСП Госстроя СССР и треста «Укргидроспецфундаментстрой». После этого в скважину устанавливают арматурный каркас и приступают к бетонированию. Работу по устройству буронабивных свай, как правило, ведет комплексная бригада, состоящая из бурильщиков, плотников, арматурщиков и бетонщиков.

В тех случаях, когда не обеспечивается естественная устойчивость стенок скважин, применяют специальные меры их защиты от обрушения. Одним из них является способ бурения скважины и укладки бетонной смеси под слоем глинистого раствора, примененный советскими строителями еще в начале 30-х годов. При этом способе устраивают сваи длиной до 30 м, диаметром 0,6...1,7 м без уширения и с уширением пят до 3,5 м в неустойчивых влажных грунтах. Бурят скважины установками вращательного, вращательно-всасывающего и ударно-канатного бурения. Технологическая схема устройства буронабивных свай с применением установок вращательного бурения приведена на рис. 8.26. Перед началом проходки скважины над ее осью устанавливают опорный стол с патрубком, а ось рабочего органа – ковшового бура совмещают с осью патрубка. Вместо бура можно устанавливать шнек.

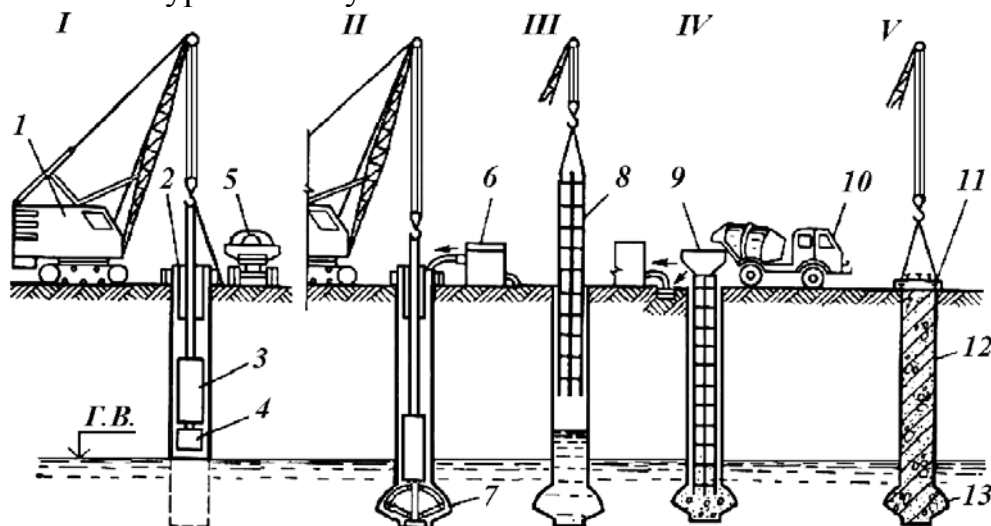


Рис. 8.26. Технологическая схема устройства буронабивных свай под защитой глинистого раствора:

I – бурение скважины; *II* – устройство уширенной полости; *III* – установка арматурного каркаса; *IV* – формование сваи; *V* – установка инвентарной опалубки и бетонирование оголовка сваи; 1 – стреловой кран; 2 – буровой кондуктор; 3 – буровое устройство; 4 – цилиндр; 5 – автосамосвал; 6 – емкость для глинистого раствора; 7 – уширитель; 8 – арматурный каркас; 9 – бункер с бетонолитной трубой; 10 – автобетоносмеситель; 11 – опалубка; 12 – ствол сваи; 13 – уширенная пят

Глубину бурения скважины регулируют величиной погружения в нее рабочего органа. При бурении в неустойчивом грунте устье скважины закрепляют посредством патрубка, который вдавливают в грунт по мере проходки скважины. После размещения установки над осью скважины, ориентирующей опорный стол, устанавливают первую секцию обсадной трубы и вырабатывают из нее грунт.

Разработку необводненных грунтов можно вести с опережением обсадной трубы. К месту бурения установку передвигают с приподнятым над грунтом

опорным столом. Устойчивость стенок скважины от обрушения, как правило, обеспечивают путем заполнения скважин глинистым раствором. Помимо гидростатического давления глинистого раствора, противодействующего проникновению грунтовой воды в скважину, на устойчивость скважины существенно влияет глинистая корка, образующаяся на ее стенках.

Для приготовления и циркуляции глинистого раствора на объекте необходимо иметь глиномешалку, грязевой насос, зумпферы для чистого и отработанного глинистого раствора и систему траншей для его сброса. Ввиду того, что приготовление глинистого раствора осложняет работы, в ряде случаев вместо такого раствора для крепления стенок скважин разрешено применять воду. Уровень воды в скважине должен на 3 м превышать уровень грунтовых вод. Избыточное давление воды создает гидростатический напор в окружающий грунт, препятствующий обрушению и оплыванию стенок скважины. Однако этот способ менее надежен, и применяют его редко. Бурить скважины и разбуривать уширения с применением воды вместо глинистого раствора в связных грунтах допускается только в тех случаях, когда устойчивость стенок скважины и свода уширения установлены опытным изготовлением и обусловлены проектом. Для устройства уширений скважин применяют специальные уширители. Их конструкция и принцип работы приводятся ниже. Зачистку скважины ведут тем же глинистым раствором до полного выноса бурового шлама. После зачистки забоя в скважину устанавливают арматурный каркас и приступают к бетонированию.

Устройство буронабивных свай с применением обсадных труб. При устройстве буронабивных свай под слоем глинистого раствора возникает ряд технологических трудностей, а главное, не всегда обеспечивается требуемое качество их стволов. Поэтому вместо раствора для крепления стенок скважины за рубежом и частично у нас применяют инвентарные или неизвлекаемые металлические обсадные трубы. Обсадку скважин в зависимости от условий их проходки производят частично или на всю глубину. Погружают трубы ударными или вибрационными механизмами посекционно с наращиванием очередной трубы. Обсадную трубу погружают в грунт вслед за забоем или с опережением его. Извлекают грунт из скважины установками вращательного и ударно-вращательного бурения. Применять такой метод целесообразно лишь в тех случаях, когда в процессе бурения встречается неустойчивый обводненный грунт с твердыми прослойками и включениями.

Наличие обсадных труб не исключает притока в скважину грунтовых вод. В ряде случаев приходится проходить пески-плывуны, которые, обладая большой подвижностью, поднимаются вверх по обсадной трубе и препятствуют работе. Для предотвращения этого в обсадную трубу заливают воду, которая позволяет создать гидростатическое давление и предотвратить поступление песка-плывуна в трубу. В этом случае скважину бетонируют методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ), а обсадную трубу извлекают так, чтобы ее нижний конец был заглублен в слой бетона на 1,5...2,0 м. Крепят стенки скважины обсадными трубами в ряде случаев не на всю высоту, а только в пределах неустойчивой части грунта. Для крепления нижней

части скважины последнюю бурят несколько большего диаметра, чем у обсадной трубы. В изготовленную скважину до самого дна опускают обсадную трубу (не извлекаемую или инвентарную), которую заполняют бетоном.

Слабые грунты могут оказаться на любой глубине образуемой скважины. Если стенки скважины устойчивы не по всей длине, вначале скважину бурят без обсадной трубы. При этом диаметр образуемой скважины делают несколько больше, чем у обсадной трубы. Затем трубу до дна скважины заполняют бетоном и при необходимости извлекают ее краном. Когда известно, что слабые грунты располагаются в нижней части скважины, ее бурят вначале без обсадной трубы. Затем вставляют ее в пробуренный участок скважины. Далее погружают трубы при помощи пригруза массы рабочего органа буровой установки. Для бурения этим методом можно использовать установки СО-1200, НБО-1, СБУ-2А, БУ. В случаях расположения слабых грунтов только в верхних частях скважин скважины бурят с применением обсадной трубы лишь в пределах участка слабых грунтов. Извлекают обсадную трубу тогда с помощью гидравлического выдергивателя ВТ-1, который работает в комплексе с инвентарной обсадной трубой и вибратором. Закреплять стенки скважин можно также железобетонными кольцами, большинство которых имеет одинаковые с металлическими Трубами размеры наружного диаметра, но стоимость их в несколько раз меньше последних. Железобетонные кольца погружают по мере бурения скважины с помощью специального оборудования ОС-1, состоящего из буровой установки типа СБУ-2А, ковшового бура и набора обсадных патрубков.

Буронабивные сваи повышенной несущей способности в сложных инженерно-геологических условиях можно устраивать с использованием свай-оболочек, широко применяемых в транспортном строительстве. В грунт свай-оболочки погружают одним из трех способов: без выборки грунта из оболочки, с выборкой грунта, а также в предварительно пробуренные скважины.

Для погружения свай по первому способу не требуется вырабатывать грунтовое ядро внутри оболочки. Для погружения таких оболочек применяют ударные или вибрационные механизмы. Этот способ применяют для проходки однородных слабых грунтов, если представляется возможным без нарушения прочности ствола свай образовать и уплотнить грунтовое ядро.

При проходке неоднородных грунтов с твердыми скоплениями в сложных инженерно-геологических условиях, в которых свай-оболочки испытывают со стороны грунта значительные сопротивления, их рекомендуется погружать с удалением грунта из ее полости. В этих случаях сваи погружают с помощью кольцевого вибратора, имеющего отверстие для погружения рабочего органа, вырабатывающего грунт внутри оболочки. При указанном способе могут возникать большие лобовые и боковые напряжения. Прочность оболочки в этом случае определяют нагрузками не от сооружения, а от сопротивления грунта. Это обстоятельство приводит к излишнему увеличению прочности тела свай. Этого недостатка не имеет способ погружения свай-оболочек в предварительно пробуренные скважины. При этом можно легко заделывать низ свай-оболочки в плотный грунт, а также устраивать бетонную пробку или

уширенную пятю. Имеется опыт погружения цельных оболочек длиной 20 м в предварительно пробуренные скважины. Таким способом были устроены, например, буронабивные сваи на строительстве второй очереди Лукомльской ГРЭС. Сваи-оболочки в скважины устанавливали с помощью специального оборудования ПО-1. Установленную в скважину сваю-оболочку вибрируют, в результате чего грунт вокруг сваи оседает и плотно обжимает ее ствол, а под подошвой образуется зона уплотненного грунта; несущая способность сваи в этом случае значительно возрастает.

При бетонировании скважин необходимо получение монолитного тела сваи по всей ее длине без каверн, расслоений и вкраплений грунта. В практике строительства применяют следующие способы бетонирования: свободным сбросом бетонной смеси через горловину воронки, методом ВПТ, контейнерами и при помощи бетононасосов. Применение метода свободного сброса, согласно СНиПу, ограничено «сухими» скважинами и их глубиной. В нашей стране этот метод применялся при устройстве буронабивных свай большой несущей способности (300...600 тс) на объектах Москвы, а позднее на объектах КамАЗа, Атоммаша, Казахстана и др. Метод свободного сброса применяют при бетонировании сухих скважин большого диаметра глубиной до 40 м.

При устройстве буронабивных свай в слабых и водонасыщенных грунтах, где требуются дополнительные мероприятия по обеспечению устойчивости стенок скважины, бетонирование можно выполнять методом ВПТ. Название этот метод получил от бетонолитной трубы, которая в процессе бетонирования скважины поднимается вверх. По методу ВПТ бетонная смесь подается в скважину под действием гидростатического напора глинистого раствора или воды через вертикально перемещаемые трубы диаметром 250...300 мм, нижний конец которых постоянно заглублен в уложенную смесь, вследствие чего исключается соприкосновение бетонной смеси с грунтовой водой или глинистой суспензией.

Для предотвращения смешивания бетонной смеси с глинистым раствором или водой в горловину бункера перед его загрузкой устанавливают пробку (мягкую или жесткую). При этом в случае устройства жесткой пробки расстояние от забоя скважины до нижнего конца бетонолитной трубы должно быть не более 20 см. При использовании мягкой пробки (опилки, покрытые мешковиной) нижний конец обсадной трубы требуется ставить на забой скважины с заглублением на 10...20 см. В процессе бетонирования нижний конец трубы требуется заглублять в бетонную смесь не менее чем на 1 м и не более чем на 4 м, при этом глинистый раствор вытесняется бетонной смесью в затрубное пространство к устью скважины, откуда он отводится по лоткам в прямки для очистки и повторного использования. При использовании глинистого раствора требуется обеспечить его циркуляцию, необходимую для выноса глинистых частиц, выпадающих на дно и образующих прослойку между подошвой сваи и материковым грунтом. При устройстве свай под глинистым раствором стыки бетонолитных телескопических труб должны быть герметичными. Перерывы в бетонировании не должны превышать 1 ч. При

бетонировании свай методом ВПТ интенсивность укладки бетонной смеси должна быть не менее $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ в летних условиях и 5 – в зимних. При бетонировании методом ВПТ применяют обычно бетон гидротехнический с осадкой конуса 18...22 см, обладающий необходимой подвижностью и свойствами к самоуплотнению. Бетонирование по этому методу требует большого расхода цемента. Кроме того, после извлечения обсадных труб возможна фильтрация грунтовых вод, в результате которой цементное тесто частично вымывается из бетонной смеси и прочностные характеристики бетона снижаются.

Для уменьшения расхода цемента и повышения прочностных характеристик бетона рекомендуется использовать напорный метод бетонирования буронабивных свай, предложенный ЦНИИОМТП. При этом бетонная смесь, как и при бетонировании методом ВПТ, заполняет скважину снизу вверх. Однако скважины в этом случае заполняются под воздействием принудительного давления, создаваемого бетононасосами, а не гидростатическим напором столба бетонной смеси. Давление на входе в бетоновод диаметром 125 мм получается в 4...5 раз выше по сравнению с традиционным способом ее подачи. Это позволяет применять бетонные смеси с осадкой конуса равной 16...22 см. При этом методе на 15...20% повышается прочность бетона на сжатие, на $100...120 \text{ кг/м}^3$ можно снизить расход цемента, в 2...3 раза повысить производительность труда и темпы бетонирования.

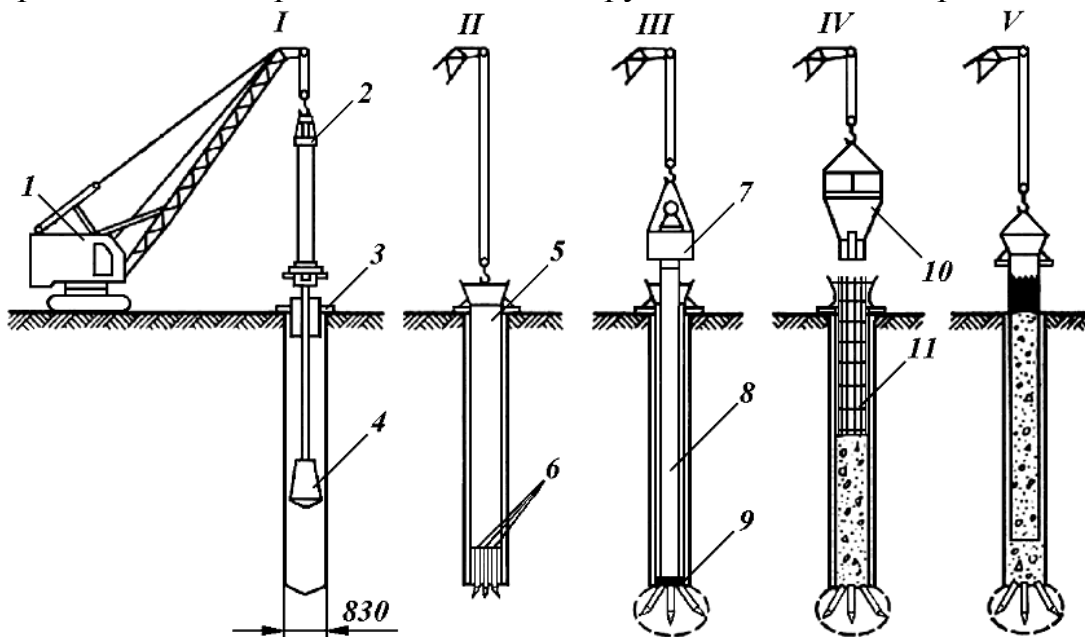


Рис. 8.27. Технологическая схема устройства опоры с корневидным основанием:

этапы устройства сваи: I – отрывка приямка; установка кондуктора и бурение скважины; II – закрепление скважины инвентарной обсадной трубой; опускание сваяк; III – погружение сваяк; IV – установка арматурного каркаса; V – извлечение обсадной трубы и формирование оголовка сваи в инвентарной опалубке; I – кран; 2 – навесное буровое оборудование; 3 – кондуктор; 4 – ковшовый бур; 5 – инвентарная обсадная труба; 6 – сваи; 7 – вибропогружатель; 8 – трубчатая мачта; 9 – опорная плита; 10 – бадья; 11 – арматурный каркас

Для повышения несущей способности буровых опор они выполняются с корневидным основанием, для чего перед формированием сваи или колонны забивают группу так называемых сваяк. Пакет из сваяк собирают на поверхности земли в трубчатом патрубке, длина которого на 0,5 м меньше их длины. В

скважину пакет сваек опускают при помощи стрелового крана, а забивают их вибропогружателем или молотом с помощью трубчатой мачты с опорной плитой, диаметр которой на 50...100 мм меньше внутреннего диаметра обсадной трубы. В пакет входит пять свайных элементов. Центральная свайка заострена симметрично, остальные – с одной стороны. Благодаря наличию скосов в острие у сваек при забивке они отклоняются от вертикального положения по радиальным направлениям. Подобное решение позволяет включить в работу больший объем грунта основания и увеличить несущую способность опоры. Опоры с корневидными основаниями устраивают с опусканием обсадной трубы или без нее. Обсадную трубу можно не ставить в тех случаях, когда устье и стенки скважины достаточно устойчивы и осыпание грунта в скважину при забивке сваек с забоя исключено. Технологическая схема устройства опор с корневидным основанием с применением навесного оборудования НБО-1 приведена на рис. 8.27.

В ряде случаев целесообразно устраивать одиночные буровые опоры вместо фундаментов из буронабивных свай. У таких опор-колонн обычно имеются уширения как в нижней, так и в верхней части свай.

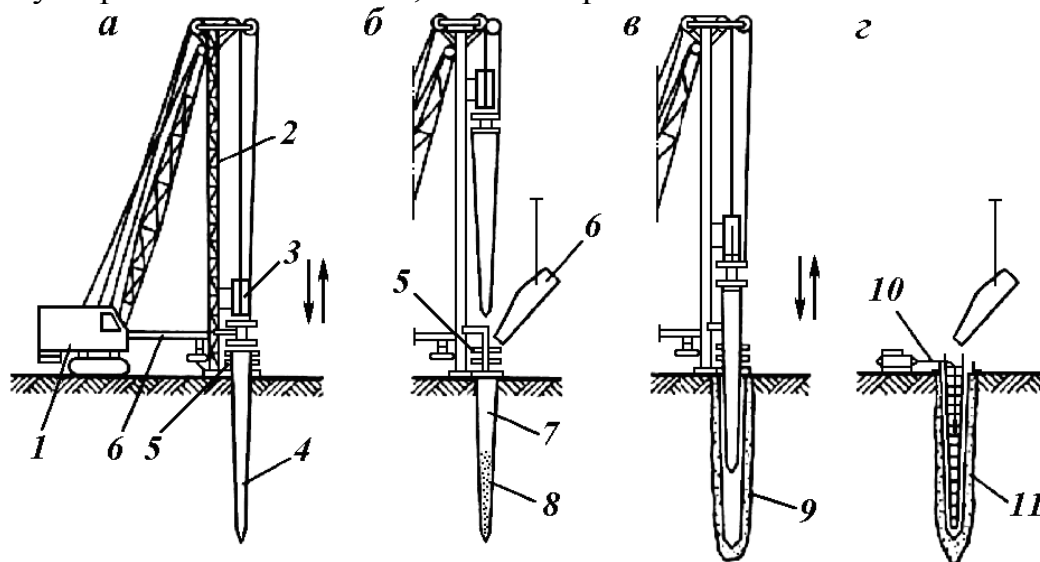


Рис. 8.28. Технологическая схема устройства набивных конических свай в

выштампованном ложе: а – образование конической скважины; б – заполнение скважины жесткой бетонной смесью или щебнем; в – выштамповывание конической скважины повторным погружением лидера; г – установка арматурного каркаса и бетонирование свай; 1 – базовая машина; 2 – мачта; 3 – падающий груз; 4 – конический лидер; 5 – гидравлическое устройство для извлечения лидера; 6 – вибропала; 7 – коническая скважина; 8 – жесткая бетонная смесь или щебень; 9 – бетонная смесь, втрамбованная в стенки скважин; 10 – вибратор; 11 – арматурный каркас

Разработано несколько вариантов технологии устройства конических набивных свай в выштампованном ложе (сваи этого типа называют ударно-штампованными), но в каждом из них главное – это устройство скважины. Например, при устройстве ударно-штампованных свай длиной до 5 м вначале металлический лидер конической формы погружают в грунт не на всю длину, а частично, на 3,5 м (рис. 8.28, а). Затем, используя гидродомкраты извлекающего устройства и лебедку базовой машины, скважинообразователь извлекают из грунта (рис. 8.28, б), а в пробитую скважину укладывают около 0,2 м³ жесткой бетонной смеси, которую повторным погружением лидера

втрамбовывают в дно и стенки скважины. При этом увеличивается объем уплотненной зоны грунта, а также уширяется пята и ствол скважины. Процесс выштамповывания повторяют дважды до достижения требуемой величины отказа. После этого в готовую скважину опускают арматурный каркас и укладывают бетонную смесь с послойным уплотнением глубинным вибратором. Устройство набивных свай по приведенной выше технологии позволяет примерно в 3 раза повысить их несущую способность по сравнению со сваями, изготавливаемыми в скважинах без дополнительного выштамповывания их стенок и пяты жестким бетоном.

Устройство фундаментов на набивных сваях вместо монолитных ленточных фундаментов корпуса полимеризации Кустанайского завода химического волокна значительно улучшило их технико-экономические показатели: сметная стоимость их была снижена на 40%, расход бетона уменьшен на 35%, арматуры на 50,5%.

Для пробивки скважин в грунтах I...IV категорий применяют установки типа УКС (установки для устройства конических скважин). К настоящему времени создано несколько моделей установок этого типа (УКС-1, УКС-2, УКС-3 и др.).

Основными частями установки УКС-1, смонтированной на платформе крана-трубоукладчика ТО-1224В, являются конический скважинообразователь (высота конической части 5,2 м, с диаметрами вверху – 0,8, а внизу – 0,44 м), копровая мачта, несущая рама, извлекающее устройство и захват. Масса навесной части – 8 т. Устройство для образования скважины (лидер) представляет собой сварную конструкцию, состоящую из конического кожуха с наконечником и центральной трубы, внутри которой перемещается металлический молот (масса 3 т). Наличие гидравлических раскосов позволяет приводить копровую мачту, а вместе с ней и скважинообразователь в вертикальное положение. Извлекающее устройство состоит из опорных плит и гидравлических домкратов, приводимых в действие гидросистемой базовой машины. На заданную отметку скважинообразователь погружают механическим молотом с частотой ударов – 10...12 в минуту, а извлекают его гидродомкратами извлекающего устройства. Установкой УКС-1 можно бурить скважины только в грунтах I...II категорий, что ограничивает область ее применения. Производительность – 10 скважин в смену.

Установка УКС-2 смонтированная на базе крана-экскаватора, позволяет бурить конические скважины в грунтах I-IV категорий. Она по принципу действия аналогична УКС-1. Лидер имеет высоту конической части 5 м и диаметры – 0,425 0,24 м, массу ударной части – 2 т, частоту ударов 10...12 в минуту. Масса навесной части – 4 т. Производительность – 15...20 скважин в смену.

Установка УКС-3, смонтированная на базе копровой установки С-878Н, состоит из конического скважинообразователя, дизель-молота С-996 и извлекающего устройства.

Основным элементом устройства для извлечения лидера является опорная площадка с закрепленными на ней штоками гидроцилиндров подъема.

Скважинообразователь из грунта извлекают путем привода в действие гидроцилиндров механизма извлечения.

В отличие от традиционного способа проходки скважин грунт не извлекается на поверхность, а внедряется в их стенки, что позволяет увеличить несущую способность свай в 1,5...2 раза. Проходчик скважин РС-400 состоит из катков, эксцентрично установленных на общем валу и вращающихся относительно вала независимо один от другого. Привод рабочего органа в форме конического тела осуществляется через штангу электроприводом буровой установки БУК-600 или СО-2. При помощи раскатчика РС-400 можно устраивать уплотненные конические скважины диаметром 40 см глубиной до 15 м. Полный цикл образования одной скважины – 15...25 минут.

Буроинъекционные сваи (их называют также корневидными) представляют собой буровые сваи диаметром от 10 до 25 см, длиной до 30 м, заполненные цементным раствором под давлением (рис. 8.29). Отличительной особенностью свай этого типа является большая жесткость ствола, высокое сцепление боковой поверхности свай с грунтом. Такие сваи можно использовать и в качестве конструктивных элементов новых сооружений при строительстве в условиях сложившейся застройки, реконструкции действующих цехов и др. Работу начинают с проходки скважин диаметром 80...250 мм стационарными или мобильными станками вращательного бурения. Бурение ведут непосредственно через стены и фундаменты усиливаемых сооружений.

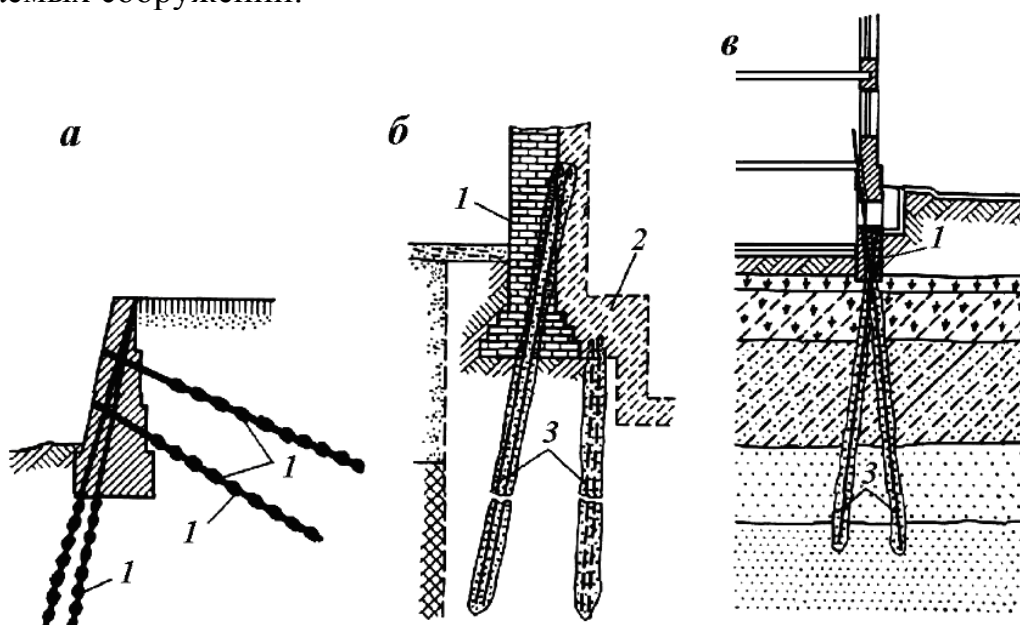


Рис. 8.29. Усиление фундаментов зданий и сооружений буроинъекционными сваями:

а – подпорная стенка; *1* – буроинъекционные сваи; *б, в* – усиление фундаментов зданий;

1 – стена существующего строения; *2* – вновь устраиваемый фундамент; *3* – буроинъекционные сваи

Скорость проходки скважин в зависимости от характера грунта и диаметра свай колеблется в пределах от 5 до 20 м/ч. В неустойчивых грунтах стенки скважин крепят обсадными трубами соответствующих диаметров. Бетонирование осуществляют через подающие трубы диаметром 18...60 мм под давлением 3...6 атм. (0,3...0,6 МПа) с одновременным извлечением по мере заполнения скважины обсадных труб. Бетонную смесь, как правило, готовят на

строительной площадке, а подают (нагнетают) ее с помощью поршневых насосов или компрессоров. Применение буроинъекционных свай в 2...2,5 раза дешевле способа химического закрепления грунтов.

Виброштампованные сваи изготавливают длиной до 12 и диаметром до 0,5 м без обсадных труб в скважинах, образованных виброжелонками, или комбинированным методом: до глубины 2,5...3,0 м скважину разбуривают, а дальше проходят виброжелонкой. Для бетонирования применяют жесткие бетонные смеси с осадкой конуса 1...5 см или бутобетонные смеси. Бетонную смесь, уложенную в скважину, трамбуют при помощи виброштампа, представляющего собой трубу диаметром 0,28...0,32 м. Нижний конец виброштампа закрыт глухим металлическим конусом, а верхний жестко прикреплен к вибропогружателю. После извлечения виброштампа из массива бетонируемой сваи образуется трубчатая полость, которую снова заполняют смесью и повторяют процесс уплотнения. При бетонировании неглубоких скважин до 5 м бетонная смесь может выпирать из них. Поэтому виброуплотняют смесь с пригрузочным кондуктором, установленным на устье скважины.

Уплотнение бетонной смеси прекращают по достижении отказа штампа. За отказ принимают скорость погружения виброштампа, равную 5 см/мин. При расположении свай кустами необходимо учитывать, что когда расстояние между скважинами бывает меньше 5 их диаметров, сваи бетонируют через одну. Устраивать сваи в пропущенных скважинах разрешается только после достижения бетоном 25% проектной прочности, так как при более плотном бетонировании грунт может выдавливаться в соседнюю скважину.

Вибронабивные сваи устраивают в любых грунтах, допускающих вибрационное погружение закрытых или открытых снизу обсадных труб, за исключением глинистых грунтов текучей консистенции, торфов и илов. Такие сваи изготавливают двумя способами: в обсадной трубе без выемки грунта и с выемкой его. В первом случае в качестве рабочего органа используют инвентарные обсадные трубы диаметром 325, 377 или 426 мм и длиной до 12 м, закрытые снизу железобетонными теряемыми башмаками. Погружают трубы с помощью вибропогружателя типа ВПП. Вибронабивные сваи можно устраивать с уширенной пятой.

При изготовлении свай с камуфлетным уширением в пробуренную скважину опускают обсадную трубу и заряд взрывчатого вещества. После укладки взрывчатого вещества трубу для предохранения от повреждения поднимают на 1,2...2,0 м от основания скважины. Затем в скважину укладывают бетонную смесь в объеме, необходимом для заполнения полости и ствола сваи на высоту до 2 м, производят взрыв, и бетон из скважины поступает в полость. После чего армируют и добетонируют ствол сваи. Для заполнения сухих скважин с камуфлетной пятой применяют бетонную смесь с осадкой конуса 12...14 см марки не ниже 150.

Камуфлетирование производят последовательными рядами; первыми в кустах изготавливают средние сваи, а затем крайние. В тех случаях, когда расстояние между центрами уширенных пят меньше радиуса сотрясения,

камуфлетирование производят через одну сваю. До начала следующего взрыва прочность в забетонированных сваях должна быть не менее 70% от проектной. Взрывные работы по устройству камуфлетных уширений необходимо выполнять со строгим соблюдением «Единых правил безопасности при взрывных работах» Гостехнадзора и указаний РСН 263-74.

Из набивных свай, применяемых в зарубежной практике, представляют интерес сваи системы фирм «Беното», «Като», «Баде», «Франки» и др. Для устройства свай типа «Беното», «Като» и «Баде» используют специальные станки, обеспечивающие погружение и извлечение обсадных труб механизмами поступательно-вращательного действия. Только в Москве было изготовлено более тысячи свай несущей способностью 250...600 т и больше. Станок системы «Беното» позволяет совмещать операции бурения скважины, удаления грунта, погружения сборной инвентарной металлической трубы и подачи бетонной смеси в образованную скважину. Грунт разрабатывается ударно-канатным способом при помощи специального грейфера типа «Хаммер-Греб», который с раскрытыми лопастями сбрасывается с определенной высоты, врезается в грунт и разрушает его. Затем лопасти закрываются, и порода извлекается из скважины. Для проходки плотных пород грунт предварительно рыхлят специальным долотом, а затем извлекают грейфером. Водонасыщенные пески и илы разрабатывают желонкой. Скорость проходки, зависящая от прочности грунта, составляет 1...5 м/ч.

Забой скважины зачищают перед самым началом укладки бетонной смеси. Если между временем окончания работ по устройству скважины и началом бетонирования неизбежен перерыв более суток, грунт не добирают на 1...2 м до проектной отметки. Для устройства уширений агрегат оснащен специальным трехножевым уширителем. При достижении рабочим органом проектной отметки в скважину опускают отдельными секциями арматурный каркас и закрепляют его в положении, обеспечивающем создание защитного слоя толщиной до 5 см. После этого в скважину подают бетонную смесь с осадкой конуса 14...16 см при фракции щебня 20...40 мм.

Машины для устройства уширений. Для увеличения несущей способности свай и более полного использования прочностных характеристик грунта, основание свай уширяют или уплотняют. При необходимости делают и то и другое.

Для устройства уширений свай применяют специальные устройства – уширители. Рабочим органом таких устройств являются уширители режущего или вдавливающего типа. Уширители первого типа оснащены ножами, и в процессе образования полости уширения обеспечивается выдача разработанного грунта на поверхность непрерывно или циклично. Для непрерывного подъема грунта применяют вращающиеся пантографы пространственные, а также плоские или лепестковые уширители.

Устойчивость полости уширения и ее форма зависят от направления раскрытия режущих рабочих органов, а также от расположения шарниров раскрытия уширителя. Уширители с верхним расположением шарниров вращения дают возможность открывания рабочих органов вверх. Полученная

при этом полость уширения имеет вид усеченного конуса. Такая форма особенно целесообразна при разработке несвязных грунтов, когда устойчивость образованных обратных откосов обеспечивается с помощью глинистого раствора. Уширителем с нижним расположением шарниров вращения можно образовать сферический свод с примыкающим основанием в виде перевернутого конуса. Применять уширители этого типа целесообразно только в связных грунтах, так как сводчатое нависание грунта при разработке несвязных грунтов даже с закреплением глинистым раствором более опасно, чем обратный откос. Для устройства полостей под глинистым раствором применяют четырех- или восьмифрезерный пантографный пространственный уширитель (рис. 8.30, *а*). Для устройства полостей сухим способом применяется трехножевой уширитель с бадьей, раскрывающийся под действием усилий, прилагаемых к буровой штанге. Разработанный грунт попадает в бадью, которую при введении уширителя в скважину устанавливают в забое ниже плоскости резания. Для ряда грунтовых условий целесообразно устраивать уширения методом вдавливания. С этой целью можно использовать уширитель свай гидравлический (УСГ) (рис. 8.30, *б*) или уширитель свай механический (УСМ). Рабочий орган УСГ и УСМ состоит из парных плит. Каждая пара связана шарнирно между собой и с шарнирной системой. Плиты шарнирной системы, образующие уширение полости, раздвигаются в установке УСГ гидродомкратом, а в установке УСМ – электромеханическим приводом. Для образования уширения установку при помощи крана опускают на дно скважины и приводят в действие механизм расширителя парных плит.

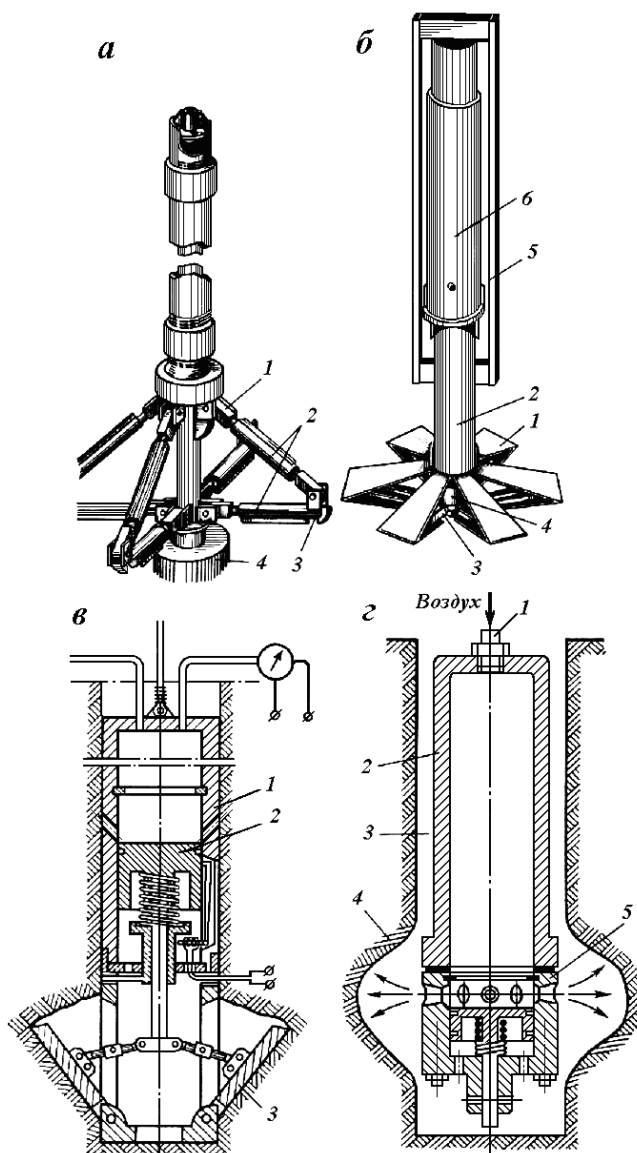


Рис. 8.30. Уширители: а – четырехножевой механический уширитель: 1 – верхние подкосы; 2 – ножи; 3 – нижние подкосы; 4 – упор; б – установка УСГ-2 для лучевидного уширения пяты свай: 1 – плиты; 2 – переходная труба; 3 – шарниры; 4 – шток; 5 – тяги; 6 – гидродомкрат; в – газомеханический уширитель: 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – распорные плиты; г – газодинамический уширитель: 1 – штуцер для подачи воздуха; 2 – корпус; 3 – стенки скважины; 4 – зона уплотняемого грунта; 5 – разрядная головка

Полный цикл устройства уширения в мягкопластичных грунтах занимает 15...20 мин. Уширители УСГ и УСМ, имеющие по пять и более пар плит, позволяют устраивать уширения в мягкопластичных глинистых грунтах. Уширения, образованные при помощи уширителей УСГ и УСМ, имеют лучевидную форму, чем и обусловлено их название. С целью увеличения площади опирания и уменьшения количества грунта, попадающего внутрь шарнирной системы, отдельные модели УСГ и УСМ имеют не один, а два ряда плит.

Устроить уширения без извлечения грунта на поверхность путем уплотнения грунта движением распорных поворотных плит можно также с помощью газомеханического уширителя конструкции треста Укргидроспецфундаментстрой (рис. 8.30, в). У такого уширителя имеются верхний и нижний цилиндры, соединенные между собой. Необходимое давление обеспечивает рабочий газ, поступающий в цилиндр от компрессорной

установки, При этом распорные плиты, связанные со штоком поршня, поворачиваются вокруг шарниров и, вдавливаясь в грунт, уширяют скважину. После отхода поршня и раскрытия распорных плит упругий элемент возвращает всю подвижную систему в исходное положение. Далее рабочий цикл уширителя повторяется.

Газомеханические уширители можно практически применять в любых грунтовых условиях, при этом расширенная часть скважины будет иметь четко правильную геометрическую форму с хорошо-уплотненным грунтом по всему периметру. Масса уширителя – 1,5 т, а его сменная производительность – 15 уширений. Применение газомеханического уширителя вместо оборудования ножевого типа позволяет повысить производительность труда в 3 раза.

Газодинамический способ уширения пяты позволяет также устраивать их без извлечения грунта. Устройство, применяемое для этого, состоит из цилиндра со штуцером для подачи сжатого воздуха и разрядной головки. В разрядной головке смонтированы поршень со штоком, возвратная пружина и ограничительное кольцо (рис. 8.30, з). После опускания цилиндра в скважину в него по шлангу через штуцер подают сжатый воздух. При достижении определенного давления воздуха в цилиндре приводится в движение поршень. Он открывает выхлопные каналы, через которые струи воздуха, движущиеся с большой скоростью, воздействуют на пограничный слой грунта, уплотняют его, образуя необходимую полость. При этом значительно сокращается продолжительность цикла устройства уширения, путем уплотнения грунта повышается несущая способность основания.

Устройство для образования скважин с уширениями уплотнением стенок скважины (авт. свид. 1317088, Б.И. 1987, № 22, авторы Волков С.А., Фалалеев А.С.) позволяет выполнять скважину с уширениями одной машиной с одной установки рабочего органа. Конструкция этого устройства рассмотрена как перспективная.

Устройство (рис. 8.31) включает приводной вал 1, верхний 14 и нижний 10 центрирующие вальцы, установленные на подшипниках верхней 13 и нижней 9 втулок. Между вальцами 14 и 10 размещен раскатывающий валец 20, установленный на подшипниках на средней втулке 19. Подвижно относительно вала 1 установлена втулка 2, имеющая эксцентричную ступицу 3 с продольным каналом 7 и направляющим винтовым пазом 4 для размещения пальца 21, прикрепленного к втулке 19. а также имеет фигурные выступы 5, входящие во внутренние полости втулок 13, 9 и 19. Винтовая линия паза 4 имеет угол подъема больше угла трения. На втулке 2 выполнены дополнительные прямолинейные пазы, сообщающиеся с концами паза 4. Подвижная втулка 2 расположена во внутренних полостях верхней 13 и нижней 9 втулок на шпонках 17 и 18. Через канал 7 проходит тяга 8, скрепляющая вал 1 и втулку 9. Нижняя часть вальца 10 выполнена конической формы, а на наружной его поверхности закреплена шнековая спираль 11. На конце шнековая спираль 11 может иметь забурник (не показан). На наружной поверхности вальца 14 закреплена шнековая спираль 15, являющаяся продолжением спирали 11. Для скрепления вальцов 14 и 10 с их втулками служат механизмы фиксации,

имеющие на внутренних поверхностях вальцов 14 и 10 зубцы 12 и 16, с которыми контактируют зубцы фиксаторов 6. Фиксаторы перемещаются радиально во втулках 13 и 9 и вращают вал 1 по линии спирали 11. После достижения необходимой глубины бурения прекращают вращение и подают вверх втулку 2. Она пазом 4 скользит по пальцу 21. Совпадение направлений вращения устройства и перемещения пальца 21 снижает усилие на приводе втулки 2. Совмещение вращения вала 1 и увеличение эксцентриситета втулки 19 с вальцом 20 обеспечивает уширение с уплотнением грунта в стенки. Во втулке 19 закреплен палец 21, входящий в направляющий паз 4. Тяга 8 соединена с валом 1 стержнем 22, установленным в поперечном пазу 23 подвижной втулки 2. Длина паза 23 равна величине перемещения подвижной втулки 2 вдоль устройства. С нижней втулкой 9 тяга 8 соединена посредством гайки 24. Зубцы 12 и 16, фигурные выступы 5 и фиксаторы 6, имеющие на концах зубцы, образуют фиксирующие механизмы. Фиксаторы 6 снабжены пружинами 25 для вывода их зубцов из зацепления с зубцами 12 и 16. Фиксаторы 6 установлены с возможностью радиального перемещения в верхней 13 и нижней 9 втулках и состоят из двух частей, между которыми располагается пружина 26, обеспечивающая надежную фиксацию и компенсирующая зазоры и допуски на изготовление. Все подвижные соединения устройства, контактирующие с грунтом, снабжены уплотнениями (на рис. не показаны).

Режим работы устройства выбирают в зависимости от свойств грунта. На грунтах с невысокой несущей способностью скважину образуют только уплотнением грунта в стенки. В этом случае устройство работает следующим образом.

Устройство устанавливают на грунт и вращением вала 1 по направлению винтовой линии шнековой спирали 11, а затем спирали 15 ввинчивают устройство, уплотняя грунт в стенки скважины. При необходимости может быть приложено вдавливающее усилие, способствующее ввинчиванию устройства в грунт. После достижения необходимой глубины скважины прекращают вращение вала 1 и начинают подачу вверх подвижной втулки 2, которая пазом 4 скользит по пальцу 21. Фигурные выступы 5 подвижной втулки 2 освобождают фиксаторы 6, зубцы которых под действием пружин 25 выходят из зацепления с зубцами 16 и 12, освобождая вальцы 10 и 14, при этом паз 4 скользит по пальцу 21 прямолинейным участком и раскатывающий валец 20 остается неподвижным. После освобождения от фиксаторов 6 вальцов 10 и 14 снова сообщают вращение валу 1 и продолжают подачу вверх подвижной втулки 2. Как только паз 4 приходит на палец 21 винтовой частью, начинается выдвигание раскатывающего вальца 20, эксцентриситет которого увеличивается по мере продольного смещения вверх подвижной втулки 2, при этом вальцы 10 и 14 остаются неподвижными в грунте, удерживаемые силами трения их о грунт. Эти вальцы как бы превращаются в подшипниковые опоры для вращающихся частей устройства.

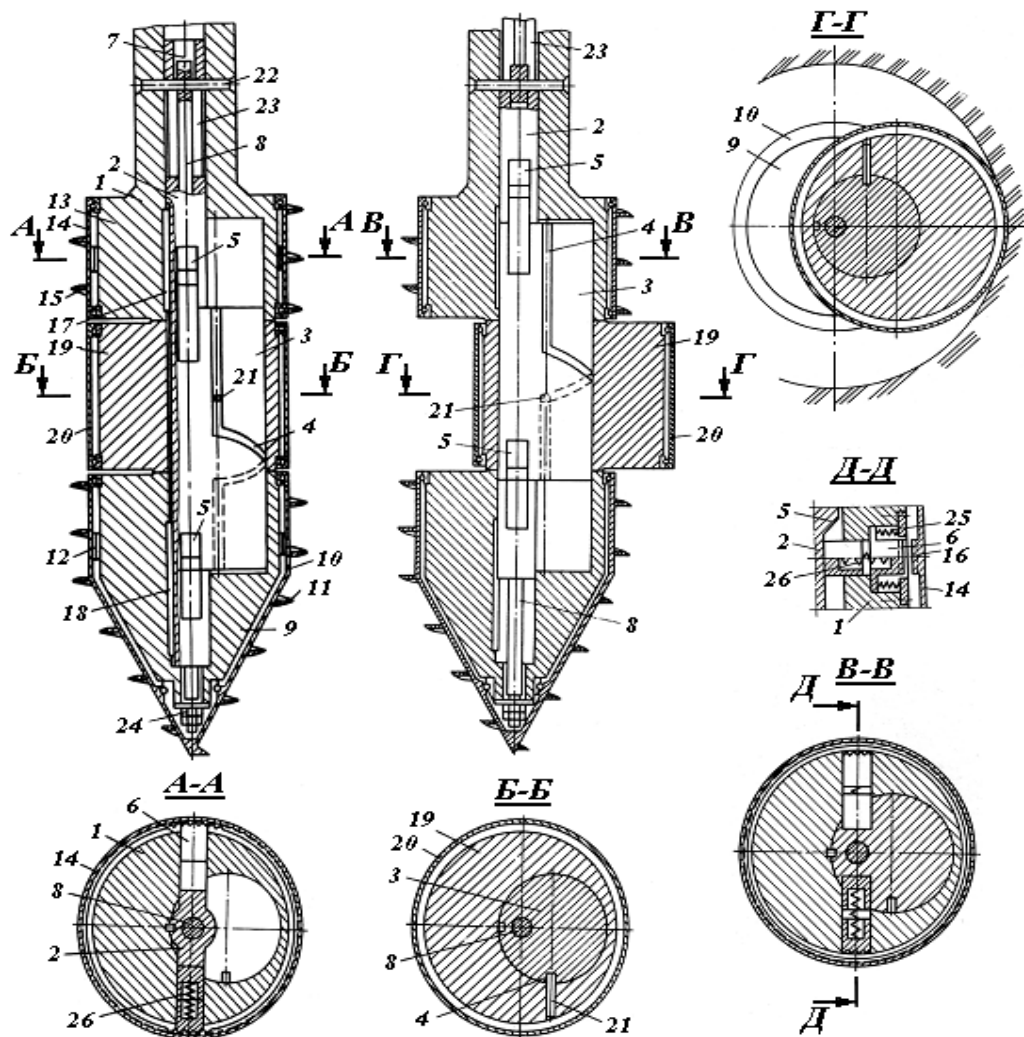


Рис. 8.31. Устройство для образования скважин с уширениями

Совпадение направлений вращения устройства и перемещения пальца 21 по пазу 4, вызванного подачей вверх подвижной втулки 2, снижает усилие на приводе продольного перемещения подвижной втулки 2. Совмещение вращения вала 1 и увеличения эксцентриситета средней втулки 19 с раскатывающим вальцом 20 обеспечивает уширение скважины уплотнением грунта в стенки, при этом имеет место также уплотнение и у неподвижных вальцов 10 и 14 за счет выдавливания грунта в стороны. Уширение производят до заданной прочности стенок из условий отпора грунта радиальному перемещению раскатывающего вальца 20, что обеспечивается задаваемой величиной усилия осевой подачи подвижной втулки, поэтому уширение можно закончить до максимального выдвижения раскатывающего вальца. При отсутствии отказа выводу раскатывающего вальца 20 уширение завершают при полном его выводе в сторону.

После завершения уширения скважины подвижная втулка 2 подается вниз, и посредством взаимодействия пальца 21 и винтовой части паза 4 уменьшают эксцентриситет раскатывающего вальца 20 до полной соосности последнего с центрирующими вальцами 10 и 14 при выходе пальца 21 на прямолинейный участок паза 4. При дальнейшем перемещении вниз подвижной втулки 2 ее фигурные выступы 5 начинают перемещать фиксаторы 6 до их

зацепления с зубцами *12* и *16* и центрирующих вальцов *10* и *14*. Вращением вала в обратную сторону по сравнению с образованием скважины устройство «вывинчивают» из грунта, что может сопровождаться приложением некоторого усилия на извлечение его из скважины. Наличие шнековых спиралей *11* и *15* исключает обрушение грунта. Если необходимо создать в скважине несколько уширений, «вывинчивание» устройства из грунта производят на заданную величину и процесс образования уширения повторяют.

Прямолинейный участок направляющего паза *4* в нижней части эксцентричной ступицы *3* подвижной втулки *2* служит для обеспечения сборки и разборки устройства при его ремонтах.

При работе на грунтах с достаточно высокой прочностью, например суглинках, в которых невозможно пробурить скважину только за счет уплотнения грунта в стенку, с помощью шнековых спиралей *11* и *15* производят бурение с выемкой грунта, а затем – уширение уплотнением в стенку, при этом одновременно имеет место и уплотнение стенок скважины у центрирующих вальцов за счет пластической деформации грунта при изменении его формы.

Глава 9

Машины для добычи и переработки каменных материалов

В настоящее время в большинство строительных организаций щебень поступает из карьеров в готовом виде – отсортированный по фракциям и промытый. Но в дорожном строительстве, а также при производстве железобетонных конструкций в районах, удаленных от транспортных коммуникаций, приходится добывать и перерабатывать местный каменный материал.

9.1. Машины и оборудование для бурения горных пород

Скальные породы отделяют от массива чаще всего взрывным способом, для чего бурят шпуры или скважины различного диаметра и глубины, в которых размещают взрывчатые вещества. Затем крупные куски подвергают механическому воздействию, в основном дроблению.

Разработку скальных пород часто приходится выполнять при подготовке оснований для зданий и сооружений, а также при прокладке автомобильных и железных дорог и магистральных трубопроводов.

Производительность бурения зависит от параметров бурильных машин, инструмента и физико-механических свойств пород. В строительстве используются следующие способы бурения: ударный, вращательный, ударно-вращательный и огневой.

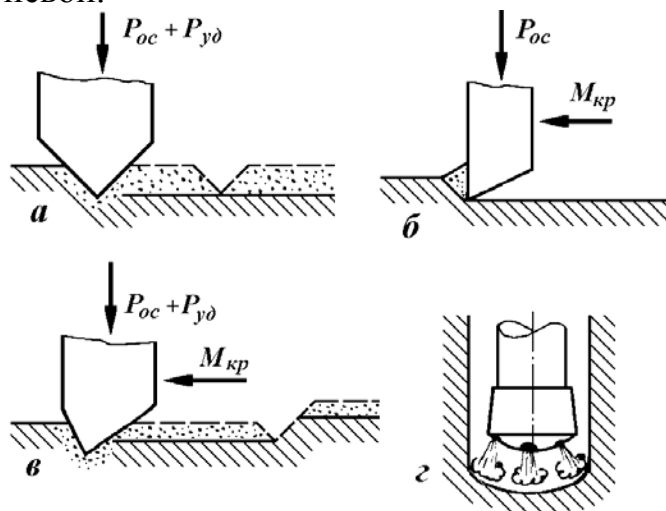


Рис. 9.1. Способы бурения:

а – ударный; *б* – вращательный; *в* – ударно-вращательный; *г* – огневой

При ударном способе бурения (рис. 9.1, *а*) порода разрушается лезвием бурового инструмента, внедряющегося в породу под действием удара. При этом под лезвием в породе возникают напряжения, превосходящие временное сопротивление породы скалыванию, вследствие чего и происходит ее разрушение. После удара буровой инструмент поворачивается и по нему вновь наносится удар. Поворот бурового инструмента происходит при небольшом

крутящем моменте. Ударный способ применяется при бурении пород средней крепости и крепких. Недостатком ударного способа бурения является периодичность воздействия бурового инструмента на породу, что обуславливает невысокие скорости бурения.

При вращательном бурении (рис. 9.1, б) разрушение породы представляет собой сложный процесс, при котором буровой инструмент производит резание, смятие и раздавливание породы. Вращательное бурение применяется преимущественно при бурении шпуров в мягких и средней крепости небразивных породах. Порода разрушается резцом, который осевым давлением внедряется в породу и при вращении скалывает ее по сечению забоя шпура. Вследствие непрерывного вращения бура и его поступательного движения лезвие резца направляется по винтовой линии, срезая слой породы, толщина которого определяется глубиной внедрения (величиной подачи на 1 оборот). Вращательное бурение является непрерывным и, следовательно, высокопроизводительным, оно позволяет бурить наклонные скважины, требует оборудования небольшого веса и простого в обслуживании. Его основной недостаток – быстрое затупление инструмента.

Ударно-вращательное бурение (рис. 9.1 в) объединяет преимущества двух указанных способов бурения и применяется в крепких и очень крепких породах. Внедрение резца происходит при одновременном воздействии осевого усилия и удара. Под действием ударной нагрузки и крутящего момента происходит скалывание породы по всему сечению забоя шпура. Этот способ позволяет подвести к забою большое количество энергии и получить высокую скорость бурения. Сравнивая рассмотренные способы бурения, следует отметить, что при бурении крепких и весьма крепких пород наиболее эффективным является ударный. Это объясняется тем, что при ударном воздействии на породу разрушаются сравнительно большие объемы породы, чем при статическом. Удельные затраты энергии при ударном способе бурения меньше, чем при ударно-вращательном и вращательном способах бурения.

При бурении скважин на открытых работах успешно применяется огневой способ бурения (рис. 9.1, г), при котором на забой скважины подается со сверхзвуковой скоростью струя газов, имеющих температуру 2500...3000°C. Неравномерный нагрев создает в породе большие механические напряжения, вызывающие ее разрушение. Разрушению породы и выносу ее из скважины способствует кинетическая энергия продуктов сгорания.

Кроме указанных способов, изучаются возможности бурения с использованием ультразвука, электрогидроэффекта, микровзрывов, водяных струй сверхвысокого давления и др.

Для бурения шпуров и скважин в горных породах широко применяются бурильные молотки (перфораторы) и буровые станки: ударно-канатного, вращательного, ударно-вращательного и термического бурения.

Бурильные молотки разрабатывают горную породу методом ударно-поворотного бурения. После каждого удара инструмент поворачивается на небольшой угол, чем предотвращается его заклинивание и обеспечивается цилиндрическая форма сечения скважины.

Перфораторы подразделяются: *по частоте ударов* – обычного типа с числом ударов до 2000 в минуту (до 120 оборотов поршня) и высокочастотные или быстроударные с числом ударов более 2000 в минуту; *по способу применения* – на ручные, колонковые и телескопные.; *по способу очистки шпура* – с осевой промывкой и продувкой, с боковой промывкой, с отсосом пыли. Ручные перфораторы, в свою очередь, подразделяются по весу на легкие (до 18 кг), средние (19...25 кг) и тяжелые (25...35 кг). Скорость бурения в каменных породах средней твердости колеблется от 6 до 12 м/ч.

Ручные легкие и средние перфораторы применяют при горизонтальном бурении или бурении сверху вниз. Используются при реконструкции и ремонте зданий и сооружений для бурения отверстий в бетоне, железобетоне, кирпичной кладке и каменных сооружениях. Ручные перфораторы расходуют от 2 до 3 м³ воздуха в минуту давлением до 6 кГ/см² (0,6 МПа).

Колонковые и тяжелые ручные перфораторы применяют для горизонтального или наклонного бурения шпуров и скважин по породам средней крепости и крепких с помощью колонок или треног. Перфораторы изготавливаются в комплекте с подающим устройством и вследствие большого веса устанавливаются на распорных колонках, буровых каретках или манипуляторах погрузочных машин. Колонковый перфоратор среднего веса предназначается для бурения шпуров глубиной до 12...15 м, диаметром до 85 мм. Тяжелые колонковые перфораторы применяются при бурении шпуров и скважин диаметром до 100 мм и глубиной 20...25 м по крепким и весьма крепким породам.

Телескопные перфораторы применяют при бурении снизу вверх или с отклонением от вертикали до 35...45°, в горных породах и рудах любой крепости. Они отличаются пневматической осевой подачей, благодаря чему бур продвигается вверх по мере углубления шпура. Легкие телескопные перфораторы предназначены для бурения шпуров коронкой диаметром до 46 мм на глубину до 3 м, а средние – для бурения шпуров диаметром до 65...85 мм и глубиной до 8...10 м.

Основной частью ручного пневматического перфоратора (рис. 9.2, а) является цилиндр 4, внутри которого под действием сжатого воздуха совершает возвратно-поступательное движение поршень-ударник 3. Сжатый воздух распределительным устройством попеременно подается то по одну, то по другую сторону поршня-ударника. При движении вниз (рабочий ход) поршень-ударник наносит удар по хвостовику бура, вставленному в нижнюю часть цилиндра. Удар этот передается на рабочую часть бура – коронку 1, разрушающую породу. При движении вверх (обратный ход) поршень-ударник, а вместе с ним бур с помощью специального поворотного механизма автоматически поворачивается на небольшой угол. Воздухораспределительное устройство перфораторов бывает золотниковое и клапанное. При золотниковом устройстве воздушные каналы открываются и закрываются постепенно. При этом золотник перемещается перпендикулярно движению струи сжатого воздуха. При клапанном устройстве воздушные клапаны открываются и закрываются сразу полностью, перемещаясь в том же направлении, что и струя сжатого воздуха.

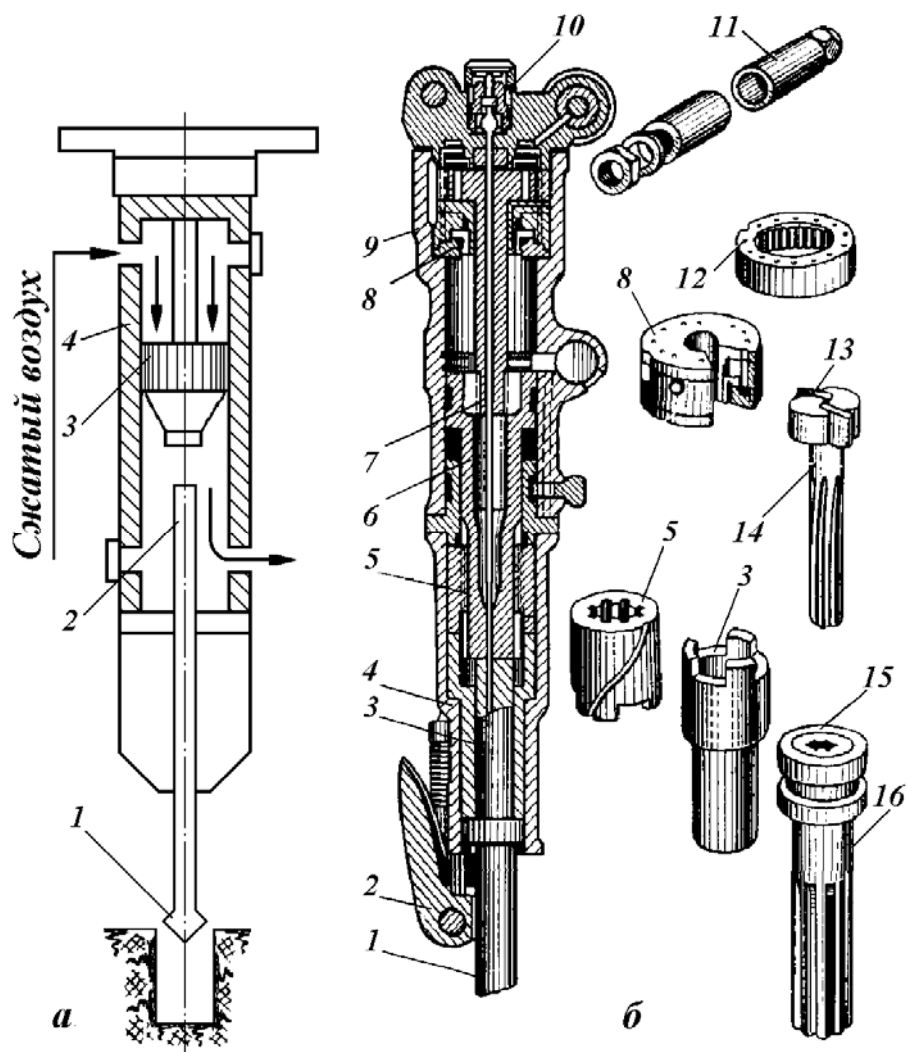


Рис. 9.2. Схема устройства пневматического перфоратора: а – схема; б – конструкция перфоратора: 1 – бур; 2 – буродержатель; 3 – поворотная муфта; 4 – корпус поворотного механизма; 5 – ведущая муфта; 6 – направляющая букса; 7 – геликоидальный стержень; 8 – воздухораспределительное устройство; 9 – корпус; 10 – промывочное устройство; 11 – ручки; 12 – храповое кольцо; 13 – собачка; 14 – головка; 15 – геликоидальная гайка; 16 – шток поршня

Устройство перфоратора и его детали показаны на рис. 9.2, б. Поворотное устройство современных перфораторов состоит из храпового кольца 12, геликоидального стержня 7 с собачками 13 и головкой 14, геликоидальной гайкой 15, поршня со штоком 16, ведущей муфты 5 и поворотной муфты 3. Поворот происходит при обратном ходе поршня. При этом собачки препятствуют поворачиванию геликоидального стержня в храповом кольце. Так как последний имеет винтовые шлицевые нарезки, профиль которых соответствует нарезке в геликоидальной гайке, запрессованной в поршне, то поршень будет навинчиваться на стержень. Поршень и ведущая муфта, имеющие прямолинейные шлицы, будут поворачиваться на некоторый угол. Так как ведущая муфта имеет кулачковое соединение с поворотной муфтой, которая, в свою очередь, имеет форму отверстия, соответствующую форме хвостовика бура, то вся система будет поворачиваться.

В перфораторах механизм поворота бура может быть устроен независимым от движения поршня. В этом случае поворот осуществляется пневматической турбинкой, укрепляемой на корпусе перфоратора.

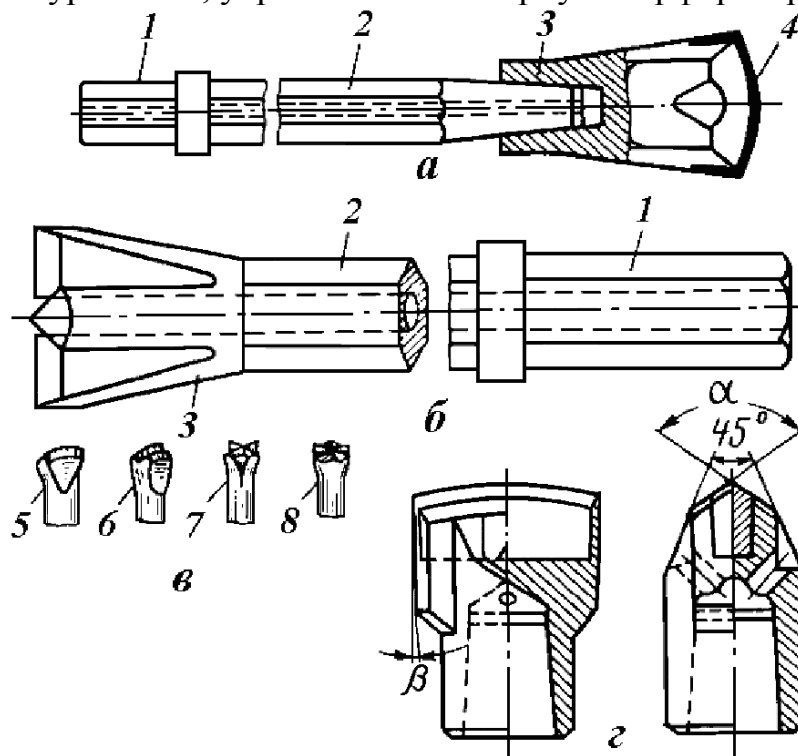


Рис. 9.3. Буры

Рабочий инструмент перфоратора, производящий бурение породы в шпурах, состоит из трех частей (рис. 9.3, *а...г*): хвостовика 1, коронки 3 (или головки), непосредственно воздействующей на породу, и стержня 2, соединяющего хвостовик с коронкой. На коронках часто напаивают твердосплавные пластинки 4. Стержень бура может быть различной длины в зависимости от необходимой глубины бурения. Буры изготавливают из высококачественной углеродистой стали многогранного (реже круглого) сечения диаметром 22...32 мм. Стальные прутки имеют по оси канал диаметром 4...5 мм, по которому подается воздух или вода для продувки или промывки шпура. Вода подводится по оси бура или через боковое отверстие. Буры бывают цельные, в которых коронка выполнена заодно с остальными частями бура, и составные – со съемной коронкой, соединяемой с концом стержня конусным или резьбовым соединением. Преимуществом составных буров является возможность изготовления из легированной стали только съемной коронки. Кроме того, применение съемных коронок упрощает организацию бурового хозяйства и снижает эксплуатационные расходы, поскольку в бурозаправочные мастерские в этом случае транспортируется только коронка, а не весь бур. Коронки могут иметь различную форму (рис. 9.3, *в*): долотчатую 5, двухдолотчатую 6, крестовую 7 и звездчатую 8. Последние две применяют при бурении в крепких и весьма крепких породах, двухдолотчатые – в трещиноватых породах, а однодолотчатые – во всех остальных случаях. Угол α заточки коронок принимают при бурении пород

средней крепости и крепких 110° , при бурении весьма крепких пород – 120° , угол β бокового уклона перьев $3...5^\circ$.

При бурении обычно применяют комплект из нескольких буров разной длины с коронками разных диаметров. Количество буров в комплекте зависит от крепости породы и глубины шпура. Длина бура в комплекте (без хвостовика) изменяется через 600 мм. По мере углубления шпура бур заменяется более длинным, но с меньшим диаметром коронки.

Разница в диаметре коронок заменяемых буров колеблется в пределах 2...3 мм для цельных буров и 1...2 мм для армированных твердыми сплавами. Расход воздуха при работе перфоратора зависит от его конструктивных данных и от давления воздуха. С повышением давления воздуха расход последнего возрастает в меньшей степени, чем скорость бурения. В связи с этим удельный расход воздуха (расход на 1 м шпура) снижается. Так, при повышении давления от 5 до 7 кг/см² удельный расход воздуха снижается на 15...20%. Давление сжатого воздуха оказывает существенное влияние на производительность бурения. При повышении давления сжатого воздуха увеличивается число ударов, число оборотов бура и крутящий момент, что приводит к увеличению скорости бурения.

Современные ручные перфораторы в зависимости от их мощности расходуют 2...5 м³/мин воздуха при числе ударов 1700...3000 в минуту.

Для повышения производительности пневматического бурения и облегчения труда бурильщиков ведутся работы по созданию высокочастотных перфораторов с числом ударов по 5000...6000 в минуту.

Пневмоподдержки предназначены для установки перфораторов и возможности бурения шпуров с необходимым осевым усилием. Общим в конструкции различных пневмоподдержек является наличие трубчатого телескопического устройства, раздвигающегося под давлением сжатого воздуха. Пневмоподдержки устанавливаются на почве выработки под углом, необходимым для бурения шпура.

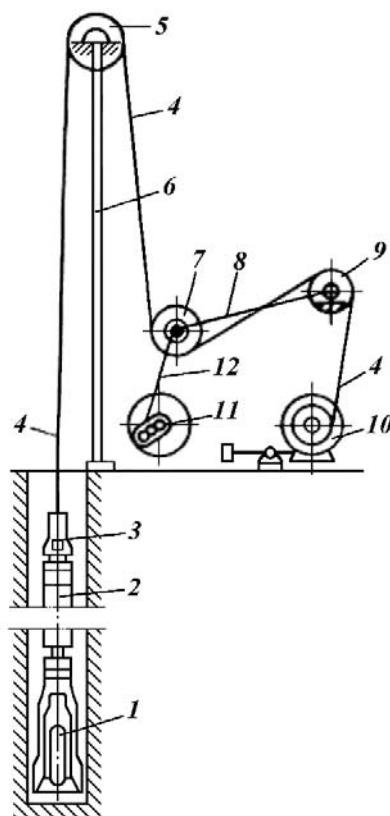


Рис. 9.4. Схема работы станка ударно-канатного бурения:

1 – долото; 2 – ударная штанга; 3 – канатный замок; 4 – канат; 5 – блок; 6 – мачта;
7 – оттяжной блок; 8 – балансир станка; 9 – вспомогательный блок; 10 – барабан; 11 – кривошип; 12 – шатун

Станок ударно-канатного бурения (рис. 9.4) производит бурение долотом, закрепленным в ударной штанге, которая связана с канатным замком. В замке закреплен канат, идущий на рабочий барабан лебедки и огибающий при этом направляющие блоки 5 и 9 и балансирный блок 7. Последний связан шатуном с кривошипом вала и совершает при вращении вала качательное движение. Долото со штангой поднимается при опускании балансирного блока; при подъеме блока рабочий инструмент падает и внедряет долото в грунт. Буровой инструмент поворачивается благодаря свойству стального каната раскручиваться под нагрузкой и скручиваться после снятия нагрузки. При ослаблении каната после удара штанга с долотом поворачивается вокруг своей продольной оси. По мере углубления рабочего органа происходит сматывание каната с барабана. Грунт из скважины удаляется желонкой, представляющей собой трубу с клапаном в нижней части. Желонка в скважину погружается периодически по мере разработки грунта. Число ударов долота не превышает 55...60 в 1 мин и назначается в зависимости от внешних условий.

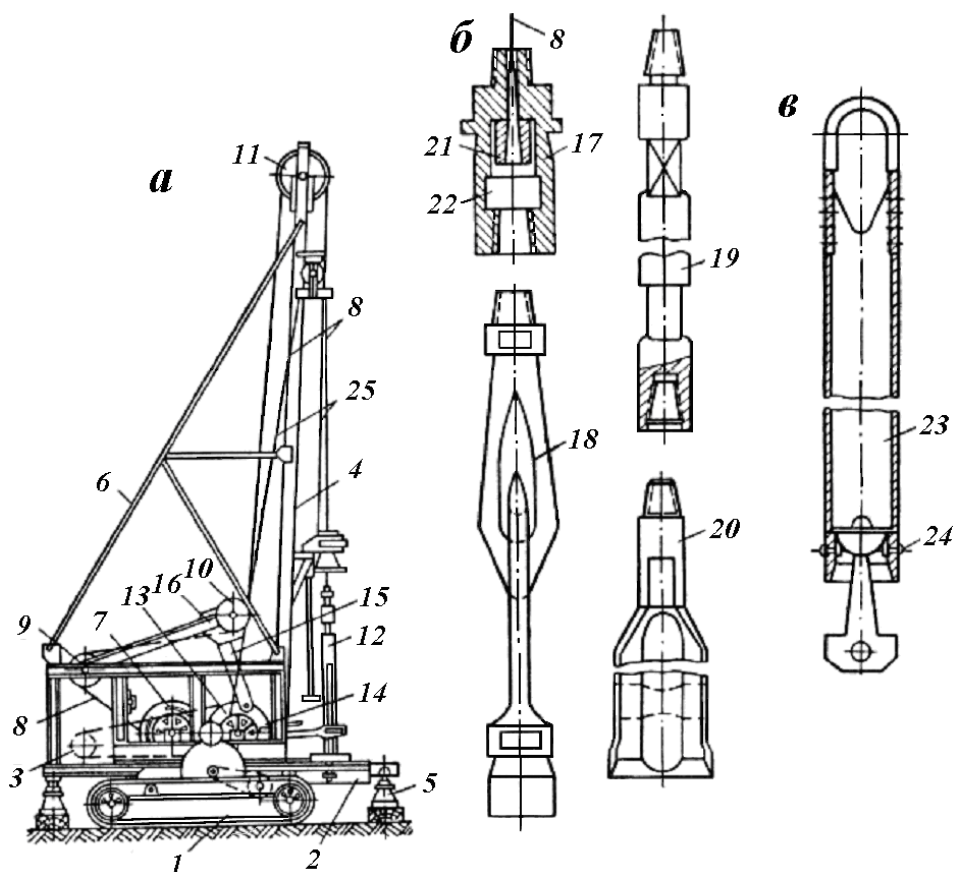


Рис. 9.5. Станок ударно-канатного бурения:

а – схема станка; *б* – схема бурового снаряда; *в* – схема очистного инструмента (желонки)

Станки ударно-канатного бурения применяются при бурении скважин диаметром до 250 мм и глубиной до 500 м. Бурение производится ударами свободно падающего бурового снаряда весом от 500 до 3000 кг. Производительность станков ударно-канатного бурения при разработке пород средней твердости при диаметре скважины приблизительно 200 мм может достигать 10...20 м в смену. Станок ударно-канатного бурения (рис. 9.5) имеет гусеничный 1 или колесный ход, раму 2 с двигателем 3 и основными механизмами и стрелу 4 с подвешенным рабочим оборудованием. При подготовке к бурению станок устанавливают горизонтально с помощью выносных домкратов 5. Ручной лебедкой складную стрелу 4 длиной от 10 до 15 м поднимают в рабочее положение и закрепляют подкосами 6.

На рабочем барабане 7 лебедки закреплен канат 8, огибающий направляющий блок 9 и балансирный блок 10. С балансирного блока канат уходит на головной блок 11 стрелы и закрепляется в канатном замке бурового инструмента 12. Со второго барабана 13 лебедки сходит канат 25 очистного инструмента, перекинутый через второй головной блок стрелы. Если передать вращение от двигателя на вал кривошипного механизма 14, то шатун 15 заставит балансир 16 совершать качательное движение относительно оси блока 9. При заторможенном барабане 7 рабочий канат балансирным блоком 10 будет натягиваться, а буровой инструмент – подниматься. При каждом подъеме балансирного блока буровой инструмент наносит удар по породе. По мере разработки скважин для удлинения каната отпускают тормоз рабочего барабана.

В состав бурового инструмента входят канатный замок 17 и при трещиноватых породах буровые ножницы 18, ударная штанга 19 и долото 20. Долото имеет массу от 50 до 300 кг и длину от 0,6 до 1,5 м. Рабочая поверхность выполняется однодолотчатой, крестовой или фасонной (звездчатой). Ударная штанга весом от 500 до 2000 кг и длиной от 5 до 10 м служит для увеличения силы удара бурового снаряда и имеет диаметр, несколько меньший диаметра долота. Канатный замок наиболее часто выполняется по схеме, обеспечивающей поворачивание бурового инструмента после каждого удара. Висящий на канате буровой инструмент растягивает канат и раскручивает его на незначительный угол. В конце удара канат ослабевает, и втулка 21 с закрепленным в ней канатом 8 поворачивается в корпусе 22 замка в обратную сторону.

Для удаления из скважины раздробленной породы в нее заливают воду и периодически очищают от образующейся смеси породы с водой (шлама). Очистным инструментом является желонка 23, опускаемая в скважину вторым барабаном лебедки после подъема бурового инструмента. Желонка, достигая дна скважины, заполняется снизу шламом. При подъеме желонки нижнее ее отверстие закрывается клапаном 24. Очистка скважины от шлама производится через 0,3...1 м длины скважины. Для предотвращения аварий, возникающих при развинчивании бурового снаряда или обрыве каната, применяют ловильные инструменты: ерши, колокола, клапаны, канаторезки и др.

Станки вращательного бурения (рис. 9.6) служат для бурения скважин диаметром до 200 мм и глубиной до 50 м. Бурение производится вращающейся коронкой буровой штанги, а удаление продуктов бурения – по спиральной канавке той же вращающейся штанги. Число оборотов буровой штанги 120...220 в минуту. Ускорение бурения достигается промывкой скважины водой или продувкой ее сжатым воздухом.

Рабочим органом **термического бурения** является реактивная горелка, из которой со скоростью 1000...1500 м /с вырывается газовая струя с температурой 800...1100°C. Под действием быстро изменяющейся температуры горные породы расслаиваются и разрушаются. Продукты разрушения пород выбрасываются из скважины газовым потоком. Для создания газовой реактивной струи высокой температуры требуется бензин (керосин), окислитель-кислород или воздух (сжатый до 6 атм воздух используется при проходке скважин в мерзлых грунтах). Расход горючего составляет 70...100 г/мин.

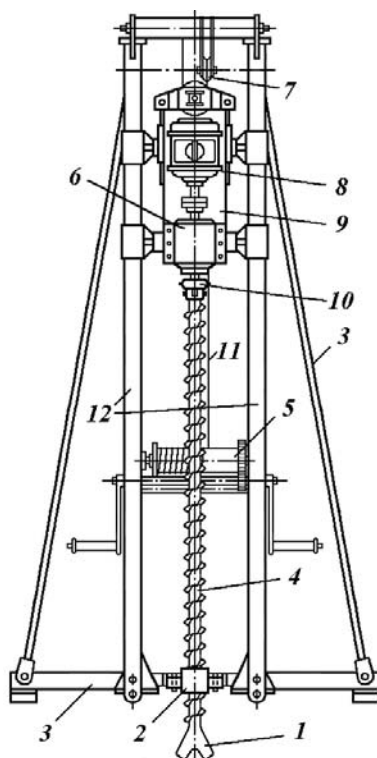


Рис. 9.6. Схема станка вращательного бурения: 1 – долото; 2 – направляющая втулка; 3 – металлическая рама; 4 – буровая штанга; 5 – ручная лебедка; 6 – редуктор; 7 – блок; 8 – электродвигатель; 9 – каретка; 10 – соединительная муфта; 11 – стальной канат; 12 – направляющие

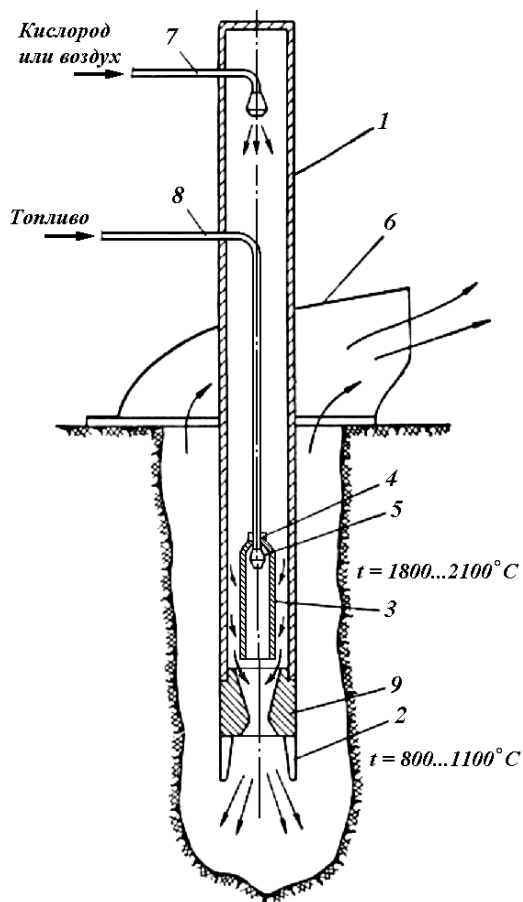


Рис. 9.7. Схема термореактивной горелки

Термореактивная горелка для термического бурения (рис. 9.7) состоит из трубы 1, в которую входят воздуховод 7 и топливопровод 8 с завихрителем 4 и

форсункой 5 на конце. Для обеспечения горения в жаровой трубе 3 имеются отверстия, через которые подается окислитель. Для формирования газовой струи служит сопло 9. В начале работы горелка устанавливается на разрабатываемую породу стойками ограничителя 2. Для защиты от нагретых газов и выбрасываемой измельченной породы служит направляющий кожух 6.

Работа горелки происходит при двух- пятикратном избытке воздуха по сравнению с необходимым для полного сгорания топлива. Скорость прожигания составляет: в песках 50, глинах 20 и гравийных грунтах 7 м/ч.

9.2. Машины и оборудование для дробления и помола

Измельчение кускового материала осуществляется механическим способом (раздавливанием, раскалыванием, изгибом), истиранием, ударом; гидравлическими и термическими методами, силой гидравлического удара при электрическом разряде в воде, высокочастотной вибрацией, ультразвуком.

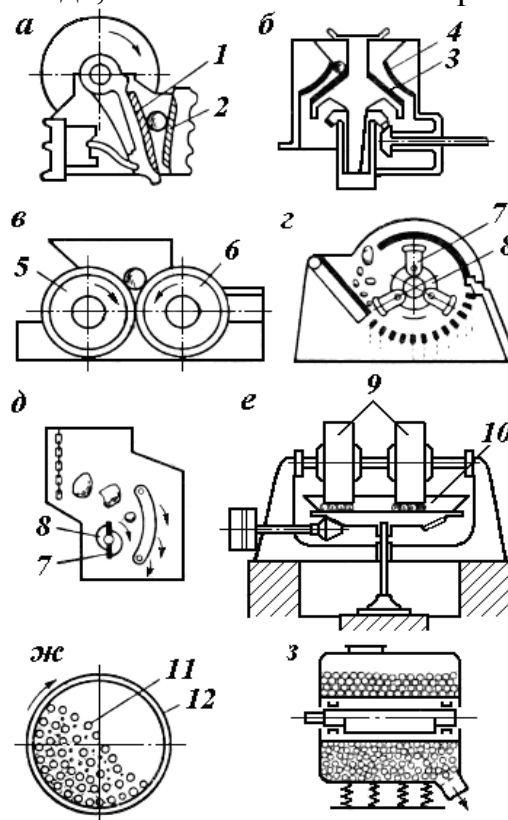


Рис. 9.8. Схемы дробильно-размольного оборудования

Для измельчения нерудных материалов применяют разнообразное дробильно-размольное оборудование (рис. 9.8):

а) щековые дробилки – раздавливание кусков материала происходит между неподвижной 2 и подвижной 1 щеками;

б) конусные дробилки – раздавливание кусков материала и частичное изгибание их происходит между внешним неподвижным конусом 4 и внутренним подвижным конусом 3; процесс дробления в конусной дробилке непрерывный;

в) валковые дробилки – дробимый материал раздавливается между двумя валками 5 и 6, вращающимися навстречу друг другу;

г) молотковые дробилки – дробление материала, а отчасти истирания, происходит за счет энергии удара, молотками 7, свободно подвешенными на вращающемся роторе 8;

д) роторные дробилки ударного действия – дробление материала происходит за счет ударов молотков 7, жестко закрепленных в роторе 8;

е) бегуны – мелкое дробление и помол материала происходят путем раздавливания и истирания между вращающимися катками 9 и подвижной или неподвижной чашей 10;

ж) шаровые и стержневые мельницы – помол предварительно измельченного в других дробильных машинах материала происходит в результате использования энергии удара и истирания свободно падающими мелющими телами (шарами, стержнями) 11, находящимися вместе с перерабатываемым материалом во вращающемся цилиндрическом барабане 12;

з) вибрационные мельницы – тонкий и сверхтонкий помол материалов происходит вследствие вибрационных колебаний барабана заполненного мелющими телами и истираемым материалом. Дробление материалов обычно производится в несколько стадий.

Основные гипотезы дробления. Изучение процесса дробления представляет огромное значение для практики, потому что в основе разрешения этого вопроса лежит определение зависимости между полезно затраченной работой и качественным результатом дробления, определение необходимых усилий для дробления, мощности, к.п.д. дробления, т.е. всех данных, необходимых для выбора дробильных машин с учетом свойств материала, а также для расчета и проектирования дробильных машин.

На процесс дробления в сильной степени влияет целый ряд случайных причин: твердость, вязкость, плотность, форма, однородность, характер поверхности дробимого материала, состояние погоды, влияющее на свойства материала некоторых видов. Потери энергии при дроблении идут не только на трение в частях машины, но и на трение между частицами дробимого материала, на нагрев, на сотрясение, толчки в машине. Все эти причины чрезвычайно усложняют приведение процесса дробления к простой формулировке, достаточно полной и удобной для практического пользования. Поэтому всякая теории дробления, освещающая процесс дробления с достаточной для практики точностью, представляет интерес.

Энергоемкость процесса разрушения горной породы определяется; на основе гипотез П. Риттингера (1867 г.) и В.Л. Кирпичева – Ф. Кика (1874 г.).

По гипотезе П.В. Риттингера «работа дробления прямо пропорциональна поверхности кусков продукта, полученной в процессе этой операции».

Измерение поверхности материала до и после дробления предполагалось делать экспериментально путем смачивания его водой. Таким образом, если взять куб, сторона которого равна 1 см, и предположить, что работа, требуемая для разделения этого куба пополам, т.е. по одной плоскости куба, будет равна A Н·см (рис 9.9, а), то при разделении этого куба на кубики со стороной равной 1/2 см придется разделить куб по трем равным (рис. 9.9, б) таким же плоскостям 1 – 1 – 1, 2 – 2 – 2 и 3 – 3 – 3 и затраченная работа на это

разделение, согласно гипотезе Риттингера, будет равна $3A$ Н·см. При этом получится 8 кубиков со стороной равной $1/2$ см ($2^3 = 8$). Если же разделить этот куб на кубики со сторонами равными $1/3$ см (рис. 9.9, в), то потребуется разделить этот куб по шести таким же плоскостям и затраченная работа на это дробление будет равна $6A$ Н·см; кубиков получится 27 ($3^3 = 27$). И в общем случае – при дроблении куба с ребрами в 1 см на кубики с ребрами $1/n$ см потребуется делить куб по $3(n-1)$ плоскостям, затраченная работа составит $A_n = 3A(n-1)$, а число кубиков равно n^3 .

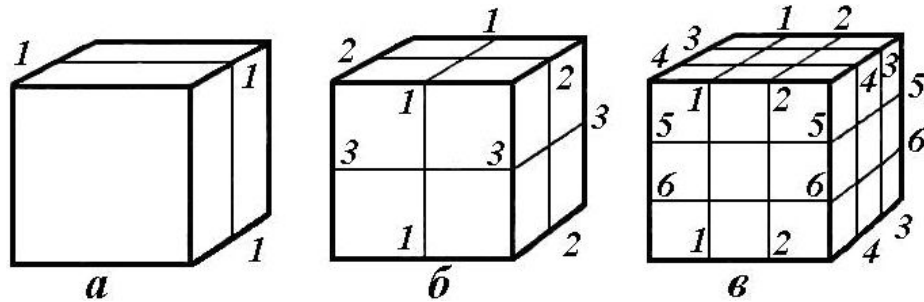


Рис. 9.9. Схема измельчения материала к гипотезе Риттингера

При разделении того же тела на куски со сторонами $1/m$ см, число плоскостей раздела будет $3(m-1)$, затраченная работа – $A_m = 3A(m-1)$, число кусков составит m^3 . Отношение работ, затраченных при дроблении на n^3 частей в первом случае и на m^3 во втором случае, будет равно

$$\frac{A_n}{A_m} = \frac{3A(n-1)}{3A(m-1)} = \frac{n-1}{m-1},$$

где A – работа, необходимая для разделения этого тела по одной плоскости, а n и m – степени дробления.

При достаточно больших n и m единицей можно пренебречь и тогда

$$A_n / A_m = n / m.$$

Таким образом, работа прямо пропорциональна степени дробления. Этой гипотезой устанавливается лишь соотношение работ, но не определяется их абсолютная величина, поэтому использование ее затруднительно.

Согласно гипотезе В.Л. Кирпичева, при прочих равных условиях «работа внутренних сил пропорциональна объемам подобных тел». Здесь имеются в виду линейно деформируемые тела.

Из теории упругости известно, что работа деформации

$$A = \sigma_{в.сж}^2 V / 2E \text{ Н·см},$$

где $\sigma_{в.сж}$ – предел прочности при сжатии, V – объем деформируемого тела; E – модуль упругости при сжатии (МПа).

Формула справедлива, но только для напряжений, не превышающих предела упругости материала. При дроблении могут возникать напряжения, превышающие не только предел упругости, но и предел прочности материала, не говоря уже о том, что большинство горных пород не подчиняется закону Гука, вследствие чего необходимо особо подчеркнуть условность применения этих формул к работе дробления. Но считаясь с тем, что на практике приходится иметь дело с относительными показателями, что дробильные машины не так уже совершенны, – средние выводы будут вполне пригодны.

Дальнейшие опыты подтвердили достаточную приближенность этих гипотез для практического их пользования.

Ф. Бонд и акад. П.А. Ребиндер (30-е гг. XX в.) предприняли попытку объединения этих двух гипотез. Они считали, что работа дробления может быть представлена как сумма двух работ, а работа дробления кубического куска пропорциональна среднему геометрическому из его объема и поверхности, т.е.

$$A = A_{\text{др}} + A_{\text{пов}} = k_0 \sqrt{D^3 D^2} = K_0 D^{2.5}$$

где D — поперечный размер или диаметр дробимого куска.; $A_{\text{др}}$ и $A_{\text{пов}}$ — работы, затрачиваемые на деформацию разрушения камня и образование новых поверхностей.

тогда как, согласно гипотезе В.Л. Кирпичева $A = k_1 D^3$, а, по гипотезе П.В. Риттингера $A = k_1 D^2$.

Ввиду возможных значительных расхождений между рассчитанными и опытными данными определение необходимой мощности двигателей дробилок ведут, ориентируясь на уже существующие их образцы.

При крупном измельчении вновь образуемые поверхности небольшие и ими можно пренебречь, тогда $A = A_{\text{др}}$; при тонком измельчении (помоле) увеличение поверхности F_{Δ} приобретает очень большое значение, и тогда $A = A_{\text{пов}}$.

Щековые дробилки служат для измельчения нерудных материалов средней и большой твердости и, вследствие различных размеров приемного отверстия, применяются как на первой, так и на последующих стадиях дробления. Производительность их достигает 300 м³/ч. Главным параметром, характеризующим щековые дробилки, являются размеры загрузочного отверстия, которые могут быть от 175×250 до 2100×2500 мм. Различают щековые дробилки с простым, сложным и комбинированным движением подвижной щеки.

На рис. 9.10, а представлена схема щековой дробилки с простым; а на рис. 9.10, б, в — со сложным движениями щеки.

На станине 1 в подшипниках установлен эксцентриковый вал, на который свободно надеты шатун 3 или подвижная щека 3. На станине и на подвижной щеке укреплены ребристые дробящие плиты 4 обычно изготавливаемые из марганцовистой стали. Внутренние боковые поверхности станины защищены от изнашивания предохранительными клиньями 5. Этими же боковыми клиньями закрепляется на станине неподвижная дробящая плита. Дробящая плита подвижной щеки закрепляется на щеке клиновыми накладками 6 с помощью болтов.

На концах эксцентрикового вала установлены маховики 7, предназначенные для накопления энергии во время холостого хода и для передачи ее при дроблении. Один из маховиков часто используется в качестве приводного шкива для клиноременной передачи от электродвигателя. Для поддержания подвижной щеки в рабочем положении и передачи усилий на дробление служат распорные плиты 8, являющиеся также предохранительным устройством на случай попадания недробимого материала. При перегрузке дробилки они в первую очередь выходят из строя, оставляя неповрежденными

более ответственные детали. Для ускорения отхода подвижной щеки и для удерживания распорных плит от выпадения служит тяга с пружиной.

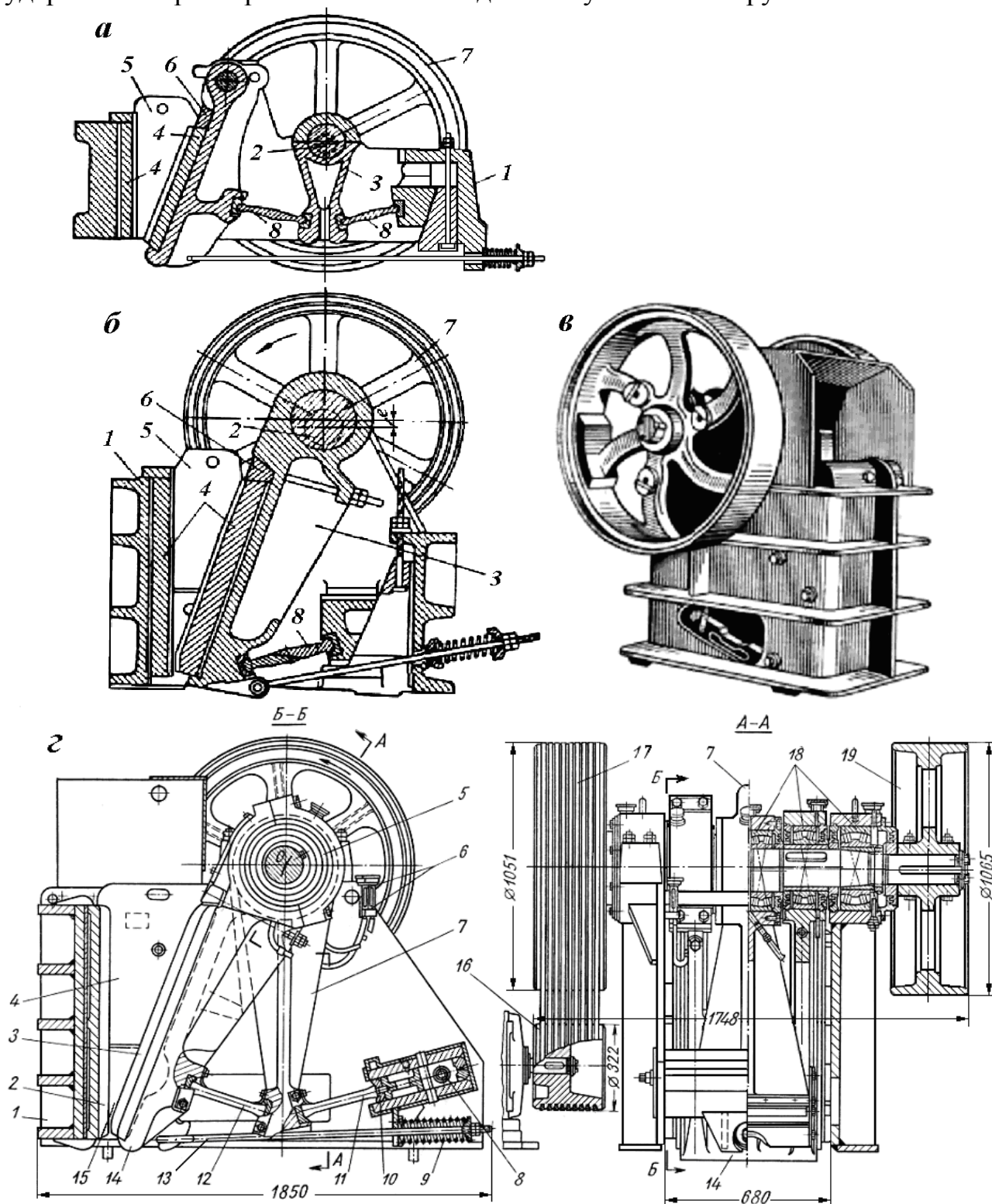


Рис. 9.10. Щековые дробилки:

а – схема дробилки с простым движением щеки; б, в – схема и общий вид дробилки со сложным движением щеки; г – схема дробилки с комбинированным движением щеки: 1 – станина; 2 – неподвижная дробящая плита; 3 – подвижная дробящая плита; 4 – верхняя футеровка; 5 – эксцентриковый вал; 6 – маслоуказатель; 7 – шатун; 8 – механизм регулирования выходной щели; 9 – пружина оттяжного устройства; 10 – тяга; 11 – задняя распорная плита (предохранительная); 12 – передняя распорная плита; 13 – тяга; 14 – качающаяся щека; 15 – нижняя футеровка; 16 – шкив электродвигателя; 17 – шкив дробилки; 18 – роликовые подшипники; 19 – маховик

Кроме дробилок со сложным и простым качанием щеки выпускаются дробилки с комбинированным движением щеки (рис.9.10, *з*). На эксцентриковом валу такой дробилки устанавливаются и шатун, и подвижная щека, что позволяет дробить материалы весьма твердых пород с пределом прочности при сжатии до 3000 кГ/см^2 (до 300 МПа). В такой дробилке материал выталкивается под действием силы трения, направленной вниз, а подвижная щека при отходе остается параллельной первоначальному положению, что обеспечивает интенсивное продвижение дробимого материала. Это облегчает разгрузку дробилки и на 20...30% повышает ее производительность по сравнению с дробилками с простым качанием щеки.

В последнее время началось производство щековых камнедробилок с двумя подвижными щеками. Срок службы дробящих плит в этих дробилках в 2...3 раза превышает срок службы дробящих плит дробилок с одной дробящей щекой.

Максимальная крупность загружаемых в щековую дробилку кусков составляет 80...90% ширины загрузочного отверстия. Удельная мощность щековых дробилок на 1 т/ч при степени измельчения $i = 4$ составляет: 0,36...0,44 кВт для мягких пород; 0,59...0,74 кВт для пород средней твердости; 0,74...0,88 кВт для твердых пород. Большие значения соответствуют мелким и средним дробилкам.

Гранулометрический состав дробленого продукта определяется в лаборатории просеиванием через сито, так, например, в результате дробления при ширине разгрузочного отверстия $d_{\max} = e + s = 40 + 20 = 60 \text{ мм}$ получается щебень крупностью от 0 до 10 мм – 8%; от 10 до 30 мм – 30%; от 30 до 60 мм – 47% и более 60 мм – 15%. Величина разгрузочной щели щековых дробилок регулируется клиновым механизмом, который может быть выполнен так, как показано на рис. 9.9, *а*, *б*, или же выдвиганием двухстороннего клина парой клиньев, сдвигаемых винтом δ , имеющим на разных сторонах левую и правую резьбы (рис. 9.10, *з*).

Щековые дробилки с простым движением щеки изготавливаются с размерами загрузочного отверстия 400×600, 600×900, 900×1200, 1200×1500, 1500×2100 и 2100×2500 мм и щековых дробилок со сложным движением щеки – с размерами загрузочного отверстия 160×250, 250×400, 400×600, 600×900, 900×1200 и 1200×1500 мм.

Производительность щековых дробилок определяется по формуле:

$$\Pi = 60 \cdot V \cdot n \cdot \mu \text{ м}^3/\text{ч},$$

где V – объем материала, выпадающего за один ход подвижной щеки, $V = (2e + s) \cdot bh/2 \text{ м}^3$; e – минимальный зазор между дробящими плитами в м; s – максимальный отход подвижной щеки в м; b – длина разгрузочного отверстия в м; h – высота призмы материала, выпадающего из дробилки за один отход подвижной щеки, в м, $h = s/\text{tg}\alpha$; α – угол захвата между дробящими плитами в град.; n – число оборотов эксцентрикового вала в 1 мин (обычно – 200...250); μ – коэффициент, учитывающий наличие пустот между дробимыми кусками (колеблется в пределах 0,3...0,7).

Для упрощения расчета примем, что неподвижная щека расположена вертикально, а подвижная отклоняется параллельно, т.е. при увеличении

ширины разгрузочной щели e на ход щеки s угол α остается неизменным (рис. 9.11). При отклонении подвижной щеки в правое крайнее положение раздробленный материал в виде призмы трапецеидального сечения под действием силы тяжести падает. На основании закона свободного падения тела время падения

$$t_1 = \sqrt{2h/g} \text{ с,}$$

где h – высота призмы материала, см; g – ускорение силы тяжести, равное 981 см/сек^2 .

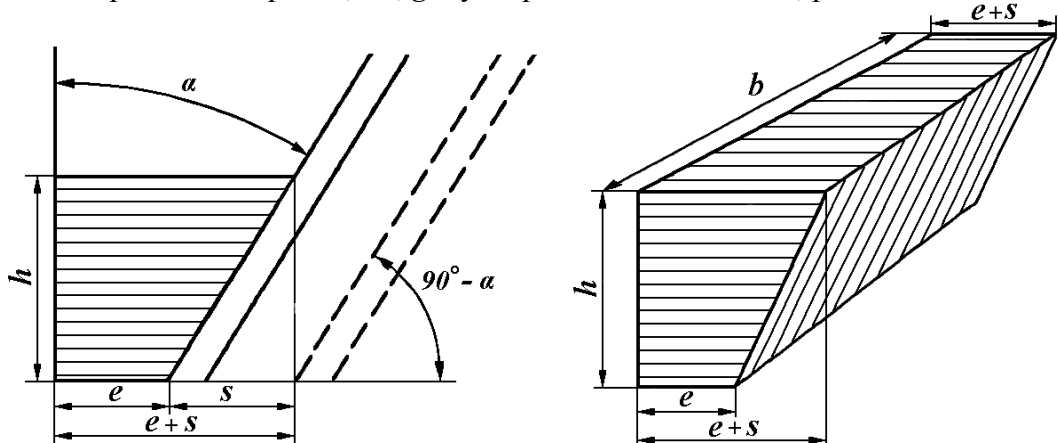


Рис. 9.11. Схема к расчету числа оборотов эксцентрикового вала щековой дробилки

Для обеспечения наибольшей производительности дробилки надо, чтобы выпадение материала закончилось за время отхода подвижной щеки вправо t_2 , т.е. $t_1 = t_2$. Так как вал за один оборот совершает два качания (вправо и влево), $t_2 = 60/2n$ секунд, где n – число оборотов эксцентрикового вала в минуту.

Из рассмотренного получаем

$$n = 30/\sqrt{2h/g} = 30/\sqrt{2s/g \cdot \operatorname{tg} \alpha} = 665\sqrt{\operatorname{tg} \alpha/s} \text{ об/мин.}$$

Так как истечение дробленого материала, находящегося под давлением, не точно совпадает с движением щеки, следует принимать $n \approx 500\sqrt{\operatorname{tg} \alpha/s}$ об/мин. С увеличением массы и хода подвижной щеки уменьшается число оборотов эксцентрикового вала, поэтому у более крупных дробилок, имеющих большие s , n меньше, чем у мелких.

Конусные дробилки применяются для крупного, среднего и мелкого дробления и выпускаются производительностью от $5...6$ до $1000...1500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Конусные дробилки разделяются на дробилки с крутым и пологим конусом. Обычно дробилки крупного дробления выполняются с крутым дробящим конусом. Дробилки характеризуются шириной загрузочного кольца a .

Дробилки среднего и мелкого дробления выполняются с пологим дробящим конусом и характеризуются нижним диаметром внутреннего дробящего конуса D_H . Отечественные камнедробилки имеют размеры a от 300 до 1500 мм и размеры D_H от 600 до 2100 мм. Угол наклона оси подвижного дробящего конуса к вертикали составляет $2...4^\circ$. Степень измельчения у конусных дробилок достигает $i = 10...12$. Максимальная крупность загружаемых в дробилку камней не превышает $75...80\%$ ширины загрузочного отверстия. Конусные дробилки благодаря более экономному расходованию энергии (по сравнению со щековыми дробилками) имеют широкое

распространение. Эти дробилки применяются для крупного, среднего и мелкого дробления.

Конусные дробилки по сравнению со щековыми обеспечивают более равномерный по крупности щебень и меньший расход энергии. Это достигается тем, что в процессе дробления кроме раздавливания имеет место изгиб некоторых удлиненных кусков дробимого материала, а также меньшими потерями на преодоление инерционных сил по сравнению со щековыми дробилками. Недостатком их являются большие габаритные размеры, большой вес, сложные уход и ремонт.

По конструкции вала дробилки могут быть с валом, подвешенным в верхней части на шарнире (с крутым конусом), а также с консольным валом, закрепленным в станине (с пологим конусом).

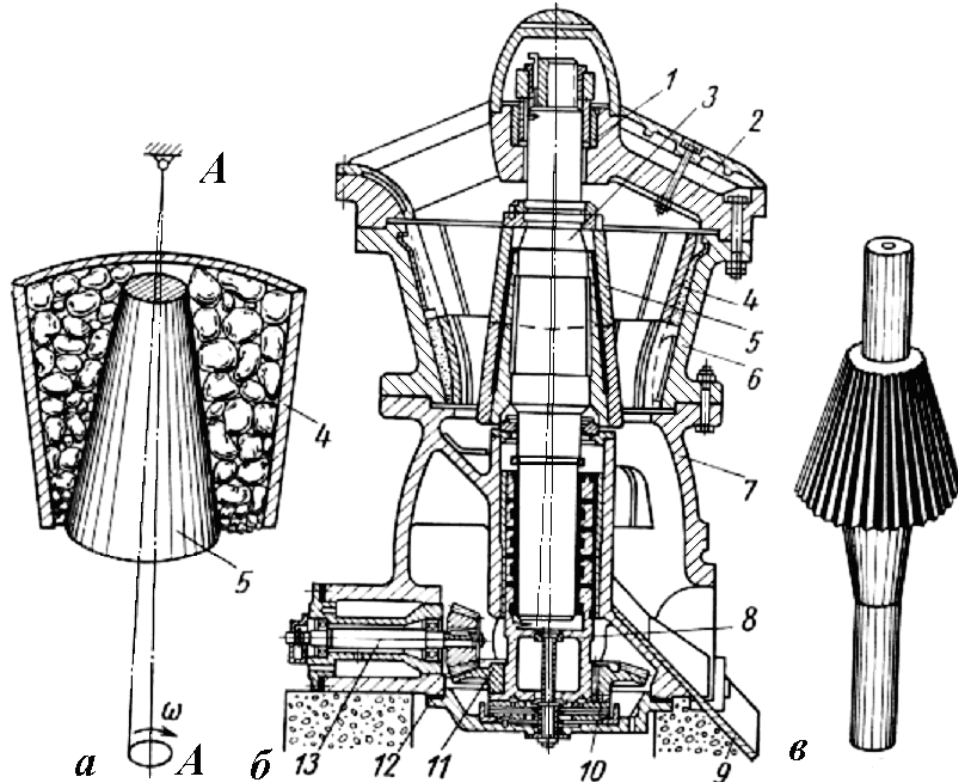


Рис. 9.12. Конусная дробилка с крутым конусом:

а – схема работы; *б* – разрез; *в* – конструкция главного вала с дробящим конусом

Главный вертикальный вал конусной дробилки с крутым конусом (рис. 9.12, *а*), на котором насажен дробящий конус 5, вверху подвешен шарнирно; нижняя часть вала при вращении описывает окружность вокруг вертикальной оси *АА*. Дробящий конус 5 окружен неподвижным конусом 4, установленным вертикально. При вращении внутреннего конуса его образующие будут последовательно приближаться или отдаляться от неподвижного конуса.

Каменный материал, попадающий в горловину, при приближении дробящего конуса 5 к наружному конусу 4 раздавливается, а при его отходе под влиянием силы тяжести, опускается вниз. Так происходит до тех пор, пока камень не достигнет размеров, соответствующих величине выпускной щели, через которую выйдет из дробилки.

Дробилка с крутым конусом (рис. 9.12, б) имеет стальную литую станину, по высоте состоящую из нескольких частей (от 2 до 6): верхней 6, служащей камерой дробления, внутренняя поверхность которой выложена гладкими или ребристыми плитами из марганцовистой стали, и нижней 7, предназначенной для размещения механизма дробилки. На верхнюю часть станины опирается траверса 2, к которой подвешивается главный вертикальный вал 3. На нем закреплен дробящий ребристый или гладкий конус 5, изготавливаемый из никелевой или ванадиевой стали. Главный вертикальный вал подвешен при помощи шарнира 1, воспринимающего одновременно нагрузку на дробящий конус от раздавливания и вес конуса и вала. Нижняя часть главного вертикального вала свободно входит в эксцентриковый стакан 8, опирающийся на подпятник 10, состоящий из трех дисков. Эксцентрик получает вращение через коническую пару шестерен 11 и 12. Дробящий конус 5 и плиты наружного конуса 4 делают съемными. Выходящая щель регулируется подъемом и опусканием вертикального вала с дробящим конусом. При подъеме выпускная щель будет уменьшаться, при опускании – увеличиваться. Для выхода раздробленного материала из камеры дробления служит спускной желоб 9, имеющий футеровку из отбеленного чугуна. Нижняя камера дробилки представляет собой картер, наполненный смазкой; все находящиеся в нем детали смазываются разбрызгиванием. Коническая шестерня 12, а с ней главный вал с дробящим конусом приводятся в движение ведущим валом 13. Конструкция главного вала с ребристым дробящим конусом показана на рис. 9.12, в.

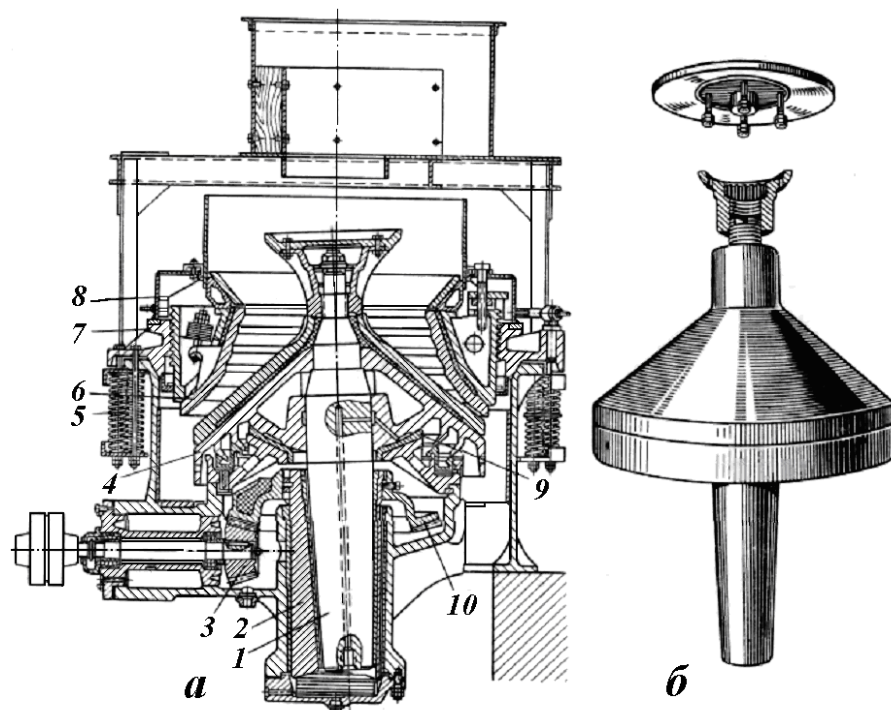


Рис. 9.13. Конусная дробилка с пологим конусом:
а – разрез; б – конструкция дробящего конуса на консольном валу

Дробилки с пологим конусом применяются для вторичного более мелкого дробления. Крупность загружаемых в них кусков 30...300 мм. Они имеют регулируемую ширину разгрузочного кольца в пределах от 3 до 60 мм.

Дробилки с пологим конусом по сравнению с дробилками с крутым конусом дают более равномерное измельчение благодаря параллельной зоне между конусами. Консольный вал устраняет необходимость устройства тяжелой верхней траверсы, уменьшает высоту дробилки и увеличивает загрузочное пространство.

У конусной дробилки с пологим дробящим конусом (рис 9.13, *а*) вал 1 подвижного конуса нижним концом вставлен консольно в высокий стакан-эксцентрик 2. В верхней консольной части вала расположен пологий конус 4, который опирается на сферический подпятник 9. На стакане-эксцентрик закреплена ведомая коническая шестерня 10, сцепленная с конической шестерней 3 ведущего вала. Вращение от двигателя через вал и конические шестерни передается стакану-эксцентрику и валу с подвижным конусом. В верхней части корпуса дробилки расположен неподвижный конус 6, при этом образующие конусов в нижней части направлены параллельно. Камень, загружаемый сверху, попадает на питатель, закрепленный на валу конуса, а затем в пространство между конусами, где дробится при движении подвижного конуса. Величину выпускаемой щели, т.е. размер выходящего щебня, регулируют, закручивая или откручивая кольца 8. Откручивание кольца поднимает наружный конус и увеличивает выпускную щель. Для предохранения дробилки от повреждений при попадании недробимых крупных предметов предусмотрен подъем неподвижного конуса 6 и опорного кольца 7 за счет сжатия пружин 5. При этом нераздробленный предмет проваливается через увеличивающуюся выпускную щель. Конструкция консольного вала с подвижным пологим конусом показана на рис. 9.13, *б*.

Производительность конусных дробилок определяется по формулам, аналогичным формулам для щековых дробилок; при этом длина разгрузочного отверстия b заменяется на длину окружности разгрузочного кольца $\pi D_{\text{ср}}$. Число оборотов эксцентрикового стакана составляет 200...300 об/мин.

Дробилки ударного действия предназначены главным образом для дробления неабразивных пород с пределом прочности до 1500 кг/см^2 и приготовления мелких фракций щебня. Они не требуют предварительного размельчения материала и не нуждаются во вспомогательных приспособлениях. Измельчение материала в молотковых дробилках идет непрерывно, благодаря чему они обладают высокой производительностью.

Сопротивление горных пород ударным нагрузкам значительно ниже, чем в дробилках других типов. Хрупкость и трещиноватость являются благоприятными факторами для измельчения материала в дробилках ударного действия, а твердость имеет меньшее значение, но пластичные материалы дробятся в молотковых дробилках плохо.

Молотковые дробилки используются для дробления шлака, кирпичного боя, пемзы, известняка и других материалов невысокой твердости с влажностью, при которой колосниковые решетки не забиваются. При снятых колосниковых решетках дробилки применяют для дробления материалов повышенной влажности. Молотковые дробилки изготавливаются производительностью от 5...6 до 80...100 $\text{м}^3/\text{ч}$. Степень измельчения у

молотковых дробилок достигает $i = 12 \dots 15$. Молотковые дробилки универсальны, так как молоткам можно придать любую форму и сделать их различного веса, приспособив для дробления самых разнообразных материалов – от твердого известняка и свинцовых руд до волокнистых веществ. Они отличаются малым удельным расходом энергии, малым весом и высокой надежностью. Дробление материала в молотковых дробилках осуществляется под действием удара по нему молотков, шарнирно закрепленных к дискам вращающегося ротора.

К недостаткам молотковых дробилок надо отнести следующее:

а) при работе на абразивных материалах (в особенности кремнистых) молотки и футеровка сравнительно быстро изнашиваются;

б) при работе с очень влажными (глинистыми) материалами молотки «закипают» и дробилка останавливается;

в) при перегрузке дробилки забиваются и останавливаются. Эти дробилки требуют равномерной подачи материала питателем и не могут работать под «завалом».

Молотковые дробилки используются для мелкого дробления (до 10 мм), и для крупного при загрузке кусков размером до 1200 мм, хотя чаще ограничиваются кусками не крупнее 500...600 мм. В некоторых случаях молотковые дробилки вытесняют другие машины, так как одна такая дробилка может заменить две последовательно установленные дробилки других типов, давая продукт, пригодный для измельчения в шаровых мельницах.

Молотковые дробилки бывают однороторные и двухроторные. По расположению молотков в роторе дробилки бывают однорядные, когда 3...6 молотков расположены в одной плоскости вращения, и многорядные, когда молотки расположены в нескольких плоскостях. Однороторные дробилки дают степень измельчения 10...15, двухроторные – 30...40.

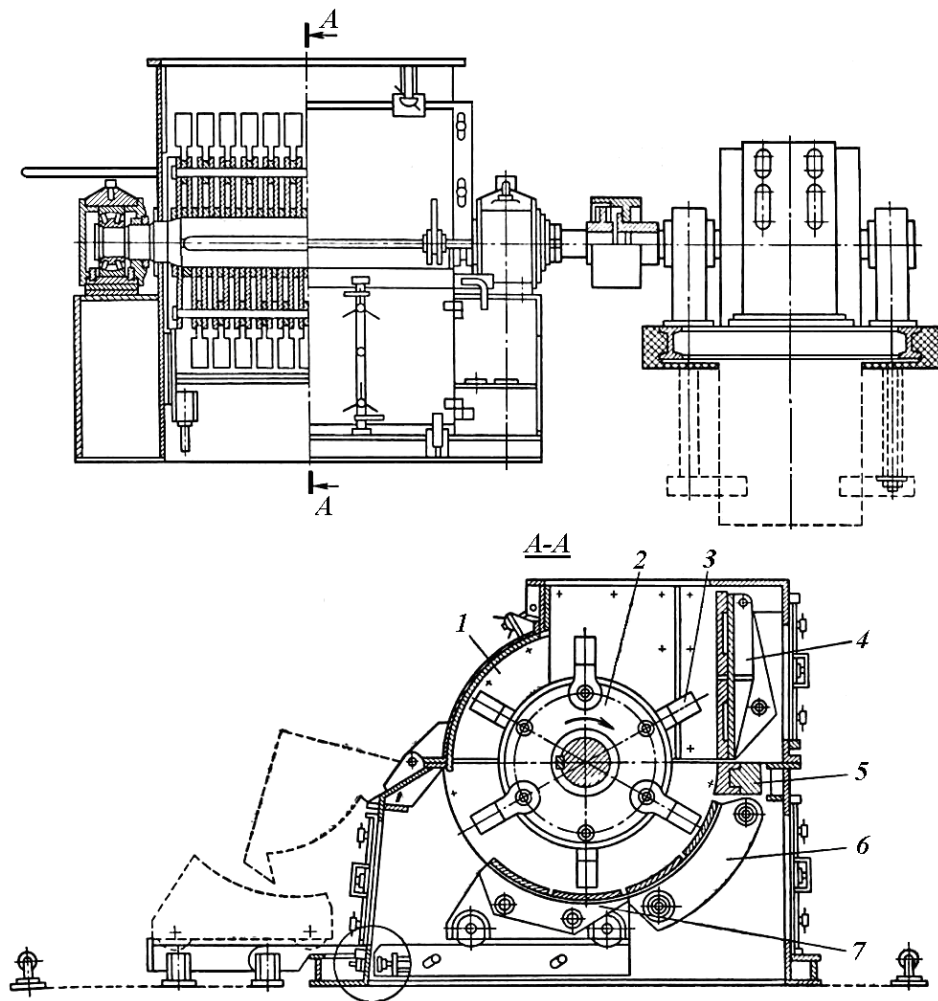


Рис. 9.14 Молотковая дробилка СМД-97А:

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – молоток; 4 – отбойная плита; 5 – отбойный брус; 6 – поворотная колосниковая решетка; 7 – выкатная колосниковая решетка

Типичной конструкцией молотковой дробилки является дробилка СМД-97А (рис. 9.14). Она состоит из сварного корпуса, ротора, установленного на горизонтальном валу, и колосниковых решеток, расположенных под ротором. Корпус дробилки служит опорой для всех узлов, а также для формирования камеры дробления. Верхняя часть корпуса выполнена раскрывающейся с целью обеспечения удобства смены молотков. Внутренняя поверхность корпуса футерована сменными плитами.

Ротор дробилки состоит из дисков, закрепленных на валу и отделенных один от другого распорными кольцами. Через отверстия в дисках пропущены оси, на которые шарнирно посажены молотки. Ротор приводится во вращение от электродвигателя через эластичную муфту.

В корпусе дробилки установлены две колосниковые решетки: поворотная и выкатная. Первая верхним концом подвешена на двух полуосях, а нижним концом опирается на регулировочное устройство. Вторая устанавливается на рельсах под ротором. Рельсы соединены с регулировочным устройством, с помощью которого решетка может быть приближена к ротору или удалена от него. На передней стенке корпуса дробилки установлены отбойная плита и отбойный брус. Положение их относительно окружности вращения ротора – регулируемое.

В молотковой дробилке дробление материалов совершается ударами быстро вращающихся молотков и соударениями кусков с плитами и колосниковыми решетками. Окружная скорость молотков дробилки СМД-97А равна 60 м/с.

Реверсивные дробилки изготавливают с ротором, который может вращаться в обе стороны. Это дает возможность выравнивать износ молотков и колосников решетки, не прибегая к перестановке молотков. Иначе говоря, реверсивная работа удлиняет срок службы молотков. Загрузочная воронка у этих дробилок всегда расположена центрально, вдоль оси ротора, а колосники симметричны относительно своих осей.

Ударные роторные дробилки (рис. 9.15) служат для дробления известняков любой прочности и хрупких каменных материалов с прочностью на сжатие до 1500 кг/см^2 (150 МПа). Производительность их колеблется от 40 до 400 $\text{м}^3/\text{ч}$, а степень измельчения достигает $i = 25$. Дробилки позволяют получать из крупных камней щебень нужной фракции, минуя вторичное дробление. При загрузочном отверстии шириной до 1400 мм возможна загрузка кусков крупностью до 1100 мм. Дробилки ударного действия (роторные) отличаются от щековых и конусных дробилок меньшим весом, меньшим удельным расходом энергии, надежностью в работе и высокой производительностью. Они могут быть одно- и двухроторными. Предусматривается изготовление однороторных дробилок с загрузочным отверстием шириной 350, 500, 700, 1000 и 1400 мм. Для безопасности на загрузочном отверстии имеется цепная завеса.

Особенностью двухроторной молотковой дробилки с жестким креплением молотков (рис. 9.15) является наличие колосниковой решетки, расположенной в вертикальной плоскости. Такое расположение колосниковой решетки по сравнению с горизонтальными колосниками позволяет большему числу частиц, достигших необходимой крупности, пройти через решетку и выпасть из дробилки без лишней затраты энергии, которая расходуется, если раздробленные куски задерживаются в зоне дробления. Колосники решетки расположены таким образом, что слишком крупные куски дробимого материала отбрасываются колосниками в сферу действия правого ротора и вновь подвергаются дроблению ударами молотков. Кроме того, в дробилках этой конструкции имеется возможность регулировать траекторию движения поступающих кусков в зависимости от характера дробимого материала так, что молотки будут ударять по кускам в зоне, наиболее эффективной для дробления данного материала.

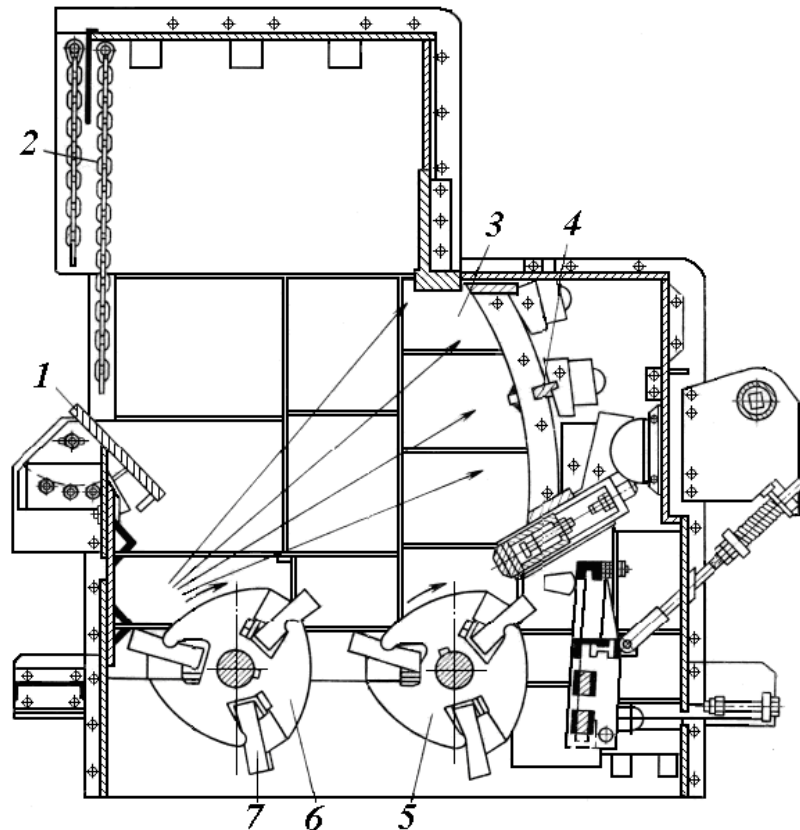


Рис. 9.15. Двухроторная дробилка с жестко закрепленными молотками

При работе дробилки материал подается на загрузочную плиту 1 и поступает в зону действия ротора 6. Здесь камень подвергается удару молотков 7, которые дробят большие куски и отбрасывают мелкие на колосниковую решетку 4 и футеровку камеры дробления 3. Большая часть мелких кусков проходит через решетку и поступает на транспортер для дробленого материала. Куски, которые не пройдут через решетку, будут падать на второй ротор 5, молотки которого далее дробят эти куски, и они вторично будут отброшены на решетку. Завесы 2, образованные цепями, предохраняют вылет кусков из дробилки. Выделение пыли можно уменьшить при помощи одной или нескольких завес, образованных из армированной резины. При желании, вместо цепей можно также применять полосы резины с тем, чтобы они перекрывали друг друга по краям. Молотки реверсивны, так что если одна сторона оказывается изношенной, то молотки можно повернуть.

Производительность молотковых и ударно-роторных дробилок можно ориентировочно определить по формуле:

$$\Pi = LDWk/3600(C - 1) \text{ т/ч,}$$

где L – длина ротора в м; D – диаметр наружной окружности вращения молотков в м; n – число оборотов ротора в минуту; k – коэффициент, зависящий от конструкции дробилки и твердости дробимого материала ($k = 0,2$); C – степень дробления.

Мощность двигателя молотковой камнедробилки рассчитывают по эмпирическим формулам:

$$N = 0,15D^2Ln \text{ кВт или } N = 7,5DL(n/60) \text{ кВт,}$$

где D – диаметр ротора в м; L – длина ротора в м; n – число оборотов в минуту.

Удельная мощность дробилок ударного действия на 1 т/ч при степени измельчения $i = 8 \dots 12$ составляет от 1,03 до 2 кВт.

На всех дробилках ударного действия происходит очистка материала от пылеватых частиц и обогащение, т.к. разрушение происходит по трещинам.

Валковые дробилки (рис.9.8, в) служат для измельчения мягких пород, а также для мелкого (вторичного – мельче 25 мм) дробления материалов средней и большой твердости, когда щебень размером 35...60 мм получают со щековой дробилки. Производительность их колеблется в пределах от 8...10 до 80...100 м³/ч. Валковые дробилки широко применяются для вторичного дробления в передвижных дробильно-сортировочных установках. Валковые дробилки бывают с гладкими и негладкими (зубчатыми, рифлеными и ребристыми) валками. Валковые дробилки изготовляют с самостоятельным приводом каждого вала и с приводом только к одному валу; в этом случае вращение ко второму валу передается цепной или зубчатой передачей. Рабочие валки 2 вращаются навстречу друг другу. Окружная скорость валков колеблется от 2 до 6 м/сек, что соответствует 40...250 об/мин. Срок их службы зависит от многих причин и колеблется в больших пределах 10000...30000 м³ щебня.

Размер выпускной щели и, следовательно, максимальный размер выходящего материала регулируют, передвигая подшипники подвижного вала. Подшипники упираются в пружины, которые воспринимают давление на валок и служат предохранительным приспособлением. Когда попадает недробимое тело, пружины сжимаются и подвижной валок отходит от неподвижного; посторонний предмет проваливается и машина остается неповрежденной. Для равномерной работы некоторые дробилки делают с обоими подвижными валками.

Наибольшая крупность загружаемого в дробилку материала определяется углом трения между кусками материала и валками и зависит от диаметра валков и их конструкции: при гладких валках $D \approx (1/20 \dots 1/25)D_v + e$; при ребристых валках $D \approx (1/10 \dots 1/12)D_v + e$.

К достоинствам валковой дробилки следует отнести небольшие размеры, высокую производительность и малую энергоемкость, а к недостаткам – возможность выхода удлиненного щебня (лещадки).

Производительность валковых дробилок определяется по формуле:

$$P = 3600(e + s) \cdot L_v \cdot v \cdot \mu, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где e – установленный зазор между валками в м; s – отход подвижного вала: $s \approx 0,25e$, L_v – длина вала в м; v – окружная скорость на ободе валков в м/с; μ – коэффициент, учитывающий наличие пустот между кусками; колеблется от 0,2 до 0,6.

Помол в большей степени представляет интерес для специалистов предприятий производства строительных материалов, но иногда для использования местных песков необходимо улучшать их свойства, что наилучшим образом достигается в ударных мельницах (дезинтеграторах), на которых окатанный песок активизируется, приобретая острые грани и обогащается, приобретая большую прочность, т.к. при ударе песчинки раскалываются по трещинам.

Молотковые мельницы измельчают материал ударом молотков, жестко закрепленных у дезинтеграторов и аэробильных мельниц и шарнирно подвешенных у шахтных мельниц. Аэробильные мельницы имеют однорядный ротор, а шахтные – многорядный. Дезинтеграторы обеспечивают возможность получения материалов с частицами менее 0,5 мм, а аэробильные и шахтные мельницы оборудованы устройствами для отбора измельченного материала воздушным или газовым потоком и отделения частиц требуемой крупности, благодаря чему они могут обеспечить любую тонкость помола, а при подогреве воздуха или газа – также и сушку материала.

Дезинтеграторы служат для грубого помола глины с влажностью до 8...9%, для измельчения мелкокускового мела, трепела, мягкого известняка, распушки сухого асбеста, а также для тщательного смешивания известково-песчаных масс с измельчением и активизацией песка при производстве силикатных и силикальцитных изделий.

Дезинтегратор (рис. 9.16, а) состоит из станины, роторов и привода. Станина представляет собой фундаментную плиту 15 с укрепленными на ней двумя стойками 4 и 14. На стойках укреплены корпуса роликовых подшипников, служащих опорами для двух валов. На конце вала 13 на шпонке укреплена ступица 12, к которой прикреплен сплошной диск 10, изготовленный из листовой стали. К диску по концентрическим окружностям прикреплены три ряда молотков-пальцев 9, имеющих форму цилиндрических стержней. Для придания жесткости концы каждого ряда пальцев объединены узкими кольцами 7. Диск с рядами пальцев образует некоторое подобие корзины, в связи с чем такие мельницы иногда называют корзинчатыми. Второй ротор несколько отличается от первого. На конец вала 5 надета конусная ступица 11, к которой по окружности прикреплен первый ряд пальцев. Противоположные концы пальцев первого ряда поддерживают широкое кольцо – диск, к которому крепят два других ряда пальцев 8. В центральное отверстие кольца проходит течка загрузочного устройства 6, по которой материал, огибая вал 5, поступает в среднюю часть роторов под ступицу 11. Роторы вращаются с большой скоростью в противоположных направлениях, благодаря чему материал проходит через первый ряд пальцев левой корзины, дробится и отбрасывается надвигающиеся навстречу пальцы правой корзины, затем проходит через второй ряд и так далее, пока в измельченном виде не высыпается в разгрузочное отверстие станины. Привод роторов может осуществляться прямой и перекрестной ременной передачей от общего приводного вала, но обычно устанавливают индивидуальные электродвигатели с клиноременными передачами к каждому ротору. Роторы в рабочем состоянии размещают так, что ряды пальцев одной корзины расположены между рядами пальцев второй, при этом корзины закрыты кожухом. Для облегчения смены корзин один из роторов может отодвигаться вместе со стойкой 4 при вращении штурвалом 2 винта 1 в неподвижно закрепленной гайке 3. Дезинтегратор с раздвинутыми роторами показан на рис. 9.16, б. Имеются конструкции дезинтеграторов, у которых вал одного ротора представляет собой трубу, через которую проходит вал второго ротора. У таких дезинтеграторов электродвигатели, вращающие оба вала,

расположены по одну сторону от роторов, что обеспечивает компактность конструкции.

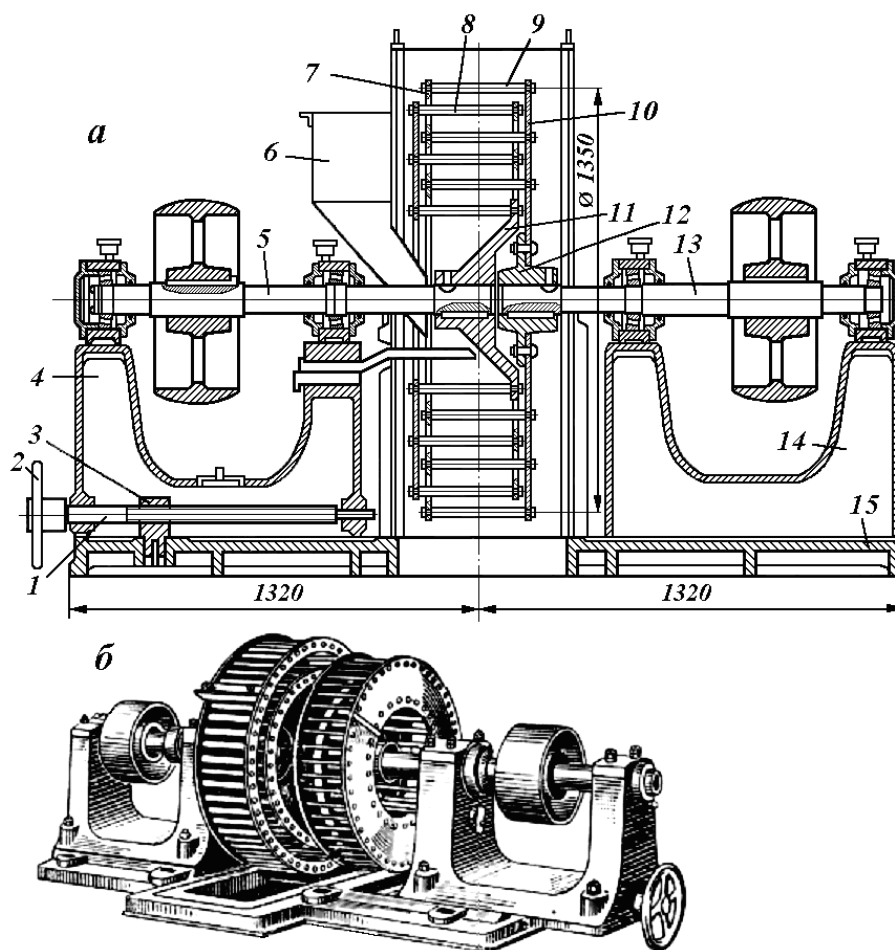


Рис. 9.16. Дезинтегратор:

а – разрез; *б* – общий вид при снятом кожухе и раздвинутых роторах

Применяют также однороторные дезинтеграторы, у которых корзина с загрузочным отверстием устанавливается неподвижно, а вторая получает более быстрое вращение при прямом соединении вала ротора с валом электродвигателя.

Дезинтеграторы имеют роторы диаметром от 400 до 2500 мм при сравнительно небольшой длине пальцев – от 100 до 700 мм. Исключение составляют лишь дезинтеграторы, применяемые для распушки асбеста. Такой дезинтегратор имеет ротор, выполненный в виде барабана, цилиндрическую поверхность которого составляют стержни длиной 1000 мм, расположенные от оси вала на расстоянии 350 мм. Ротор вращается внутри барабана со сплошной цилиндрической поверхностью, в то время как барабан, установленный на катки, вращается в противоположном направлении.

Дезинтеграторы обеспечивают высокую степень измельчения и тонкость помола, которые можно регулировать скоростью вращения корзин и количеством рядов пальцев, а также первоначальной крупностью дробимого материала. Их производительность зависит от размеров дезинтегратора, крупности загружаемого материала, требуемой степени измельчения и физических свойств. Большое влияние на производительность оказывает равномерность питания материалом. Дезинтегратор с ротором диаметром 1350

мм и мощностью двигателя 18,4 кВт имеет производительность 5 т/ч при измельчении глины до крупности 0,2 мм и 10 т/ч при измельчении угля до той же крупности.

Дезинтеграторы просты по конструкции и имеют малую металлоемкость, но требуют балансировки роторов (уравновешивания относительно оси вращения) и частой замены пальцев, которые быстро изнашиваются. Для облегчения смены изношенных пальцев целесообразно вместо цельных, приклепанных к диску пальцев применять составные пальцы, представляющие собой болты с надетыми на них трубками. Изношенные трубки легко и быстро заменяют при ремонте корзин. К недостаткам дезинтеграторов относится также налипание материала на пальцы, особенно при измельчении глины влажностью свыше 12%. Очистки пальцев наиболее просто достигают при периодическом изменении направления вращения роторов.

Аэробильные мельницы служат для одновременного помола и сушки угля, гипса, глины, мела, асбеста и других материалов в потоке горячих газов. Тонкость помола материала в аэробильных мельницах можно легко регулировать путем изменения скорости воздушного потока, что достигается путем изменения сопротивления его движению при помощи специальных жалюзи в верхней части сепаратора или изменения числа оборотов рабочего колеса вентилятора. Чем меньше скорость воздушного потока, тем меньшие частицы он захватывает и тем меньше производительность. При увеличении скорости воздушного потока крупность частиц и производительность возрастают.

9.3. Оборудование для сортировки каменных материалов и передвижные дробильно-сортировочные установки

Для механической сортировки щебня на фракции применяют вращающиеся (цилиндрические и конические) и плоские (вибрационные и качающиеся) грохоты. Просеивающая поверхность грохотов может быть выполнена из колосников, решет и сит (рис. 9.17). Преимущества вращающихся грохотов заключаются в более тщательной сортировке и более продолжительном сроке службы. Однако по сравнению с плоскими грохотами они занимают больше места.

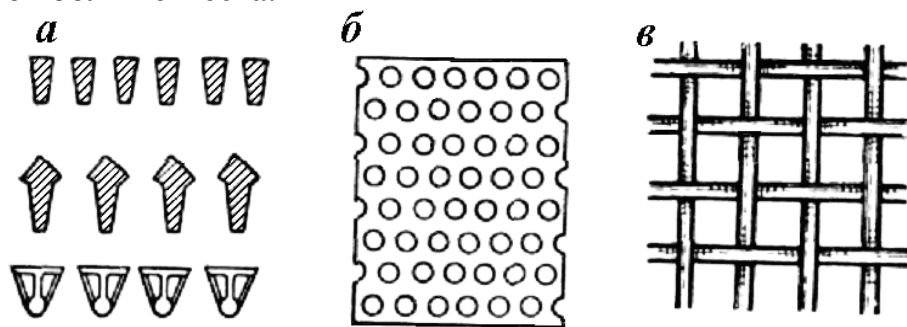


Рис. 9.17. Рабочие поверхности грохотов:

а – колосники; б – решетка; в – сито

Грохоты могут иметь одну, две или несколько просеивающих поверхностей. Наиболее часто в грохотах устанавливают три просеивающие поверхности, которые располагаются по одной из следующих схем:

1. Сита расположены в один ряд (рис. 9.18, *а*). Недостатки схемы: быстрое изнашивание первого сита, низкое качество грохочения (мелкие частицы увлекаются более крупными), значительная длина грохота. Достоинства схемы: простота, удобство наблюдения и ремонта сит.

2. Сита расположены ярусами (рис. 9.18, *б*). Недостатки схемы: сложность наблюдения за состоянием сит, затруднения при смене сит, некоторая сложность конструкции. Достоинства схемы: высокое качество сортировки, равномерное изнашивание сит, уменьшение степени крошения материала.

3. Смешанное расположение сит (рис. 9.18, *в*). Эта схема в сравнении с предыдущими занимает промежуточное положение и является наиболее распространенной.

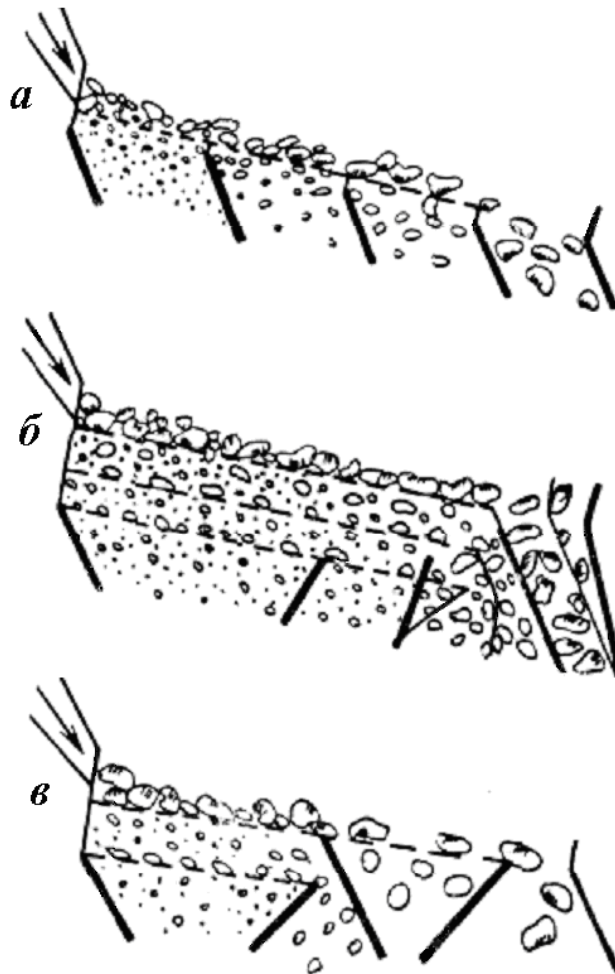


Рис. 9.18. Схемы расположения просеивающих поверхностей плоских грохотов

Грохоты по конструкции разделяются на плоские и цилиндрические, причем плоские грохоты выполняются неподвижными и подвижными. В цилиндрических грохотах чаще встречается расположение решеток или сит в один ряд.

Цилиндрические грохоты устанавливают с некоторым наклоном к горизонтали, под углом $3...7^\circ$. Величина отверстий в отдельных секциях (ситах) грохота должна удовлетворять установленным размерам щебня. Поскольку секции цилиндрического грохота изогнуты, размер отверстий в них должен быть на $10...20\%$ больше получаемого щебня. Сита изготовляют из стальных штампованных листов; при малых отверстиях применяют проволочные сита.

Диаметр вращающихся грохотов колеблется от 500 до 3000 мм, а длина от 2 до 15 м. Наиболее часто встречаются грохоты диаметром 800... 1000 мм и длиной 2...5 м. Чем длиннее грохот, тем совершеннее грохочение, однако тем он тяжелее, что требует большей мощности. Цилиндрические грохоты как самостоятельные машины в строительстве применяются редко, чаще они являются составными частями гравиемоек-сортировок.

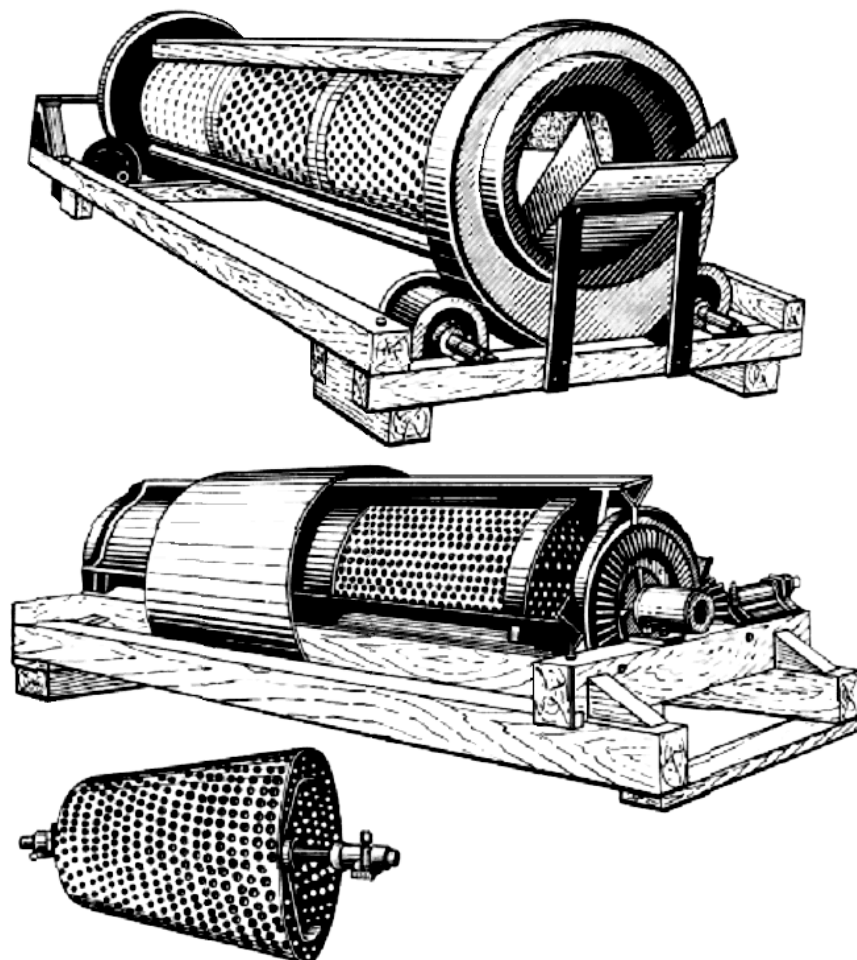


Рис. 9.19. Барабанные грохоты

Барабанный грохот (рис. 9.19) представляет собой цилиндр, который вращается на подшипниках, расположенных по оси вращения барабана или на приводных роликах, установленных на раме. Барабан состоит из нескольких цилиндрических решет или сит с различными отверстиями. Сортируемый материал поступает внутрь барабана со стороны привода и по уклону в $5...7^\circ$, а также в результате вращения перемещается к противоположному концу барабана. Вначале отсеиваются самые мелкие частички, затем средние и крупные. Самые крупные частицы выходят из барабана с противоположного его торца. Барабанные грохоты предназначены для сухого грохочения, но часто используются для одновременной мойки щебня в дополнительной цилиндрической секции без отверстий. Барабанные грохоты характеризуются низким использованием поверхности решет (всего лишь до 20%), невысоким качеством грохочения, большим весом и размерами при малой производительности.

Производительность вращающегося грохота можно определить по приближенной формуле:

$$П = 0,6\gamma \cdot n \cdot \operatorname{tg}(2\alpha) \sqrt{R^3 h^3} \text{ т/ч,}$$

где γ – объемный вес материала в т/м³; n – число оборотов барабана в минуту; R – радиус барабана в м; α – угол наклона барабана к горизонту, равный 3...7°; h – высота наполнения барабана в м (обычно равна двойному максимальному размеру сортируемого камня).

Плоские грохоты. К неподвижным плоским грохотам относятся колосниковые решетки, перекрывающие бункера и устанавливаемые перед дробилками.

Подвижные плоские грохоты делятся на колосниковые, качающиеся с возвратно-поступательным движением, качающиеся, эксцентриковые и инерционные.

Подвижные колосниковые грохоты обычно применяются в качестве питателей дробилок.

Качающиеся грохоты обеспечивают сортировку поверхностей материала за счет его перемещения по ситам в результате взаимодействия сил тяжести с силами инерции и трения. Они широко применяются для просеивания песка на растворных узлах.

Эксцентриковые грохоты совершают плоско-параллельное движение по круговой траектории. Частота колебаний равна числу оборотов эксцентрикового вала (1000...1200 в минуту), а величина амплитуды – эксцентриситету шеек. При вращении эксцентрикового вала подвижная рама совершает круговые движения, направленные навстречу потоку материала, что способствует лучшей сортировке. Для уравнивания сил инерции на валу установлены противовесы. Эксцентриковые грохоты имеют размеры до 1500 × 4500 мм. Эксцентриковые и инерционные грохоты изготавливаются с двумя и тремя ситами. Угол наклона сит колеблется от 0 до 30° в зависимости от конструкции. Производительность грохотов разных размеров составляет 15...300 м³/ч.

Инерционные (вибрационные) грохоты обеспечивают сортировку материала за счет вибрации, возникающей в результате действия сил инерции вращающихся неуравновешенных масс. Эффективная сортировка достигается на инерционных грохотах с вибраторами направленного действия.

Вибрационный грохот (рис. 9.20) состоит из нескольких сит, установленных на раме, которая помещена на пружинах или рессорах. Там же на подшипниках установлен вибратор направленного действия, приводимый от электродвигателя через ременную передачу. Двигатель установлен на неподвижной раме грохота. Вибратор состоит из двух валов с дебалансами. Валы соединены шестернями. Под действием вибратора рама на пружинах перемещается, соответственно происходит передвижение по решетам и сортировка материала.

Производительность горизонтальных вибрационных грохотов определяют по формуле:

$$П = Fqkk_1k_2 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где F – площадь сита в м^2 ; q – производительность 1 м^2 сита в $\text{м}^3/\text{ч}$, в зависимости от размера отверстий сита (от 5 до 85 мм) изменяется от 18 до 92 $\text{м}^3/\text{ч}$; k – коэффициент, зависящий от материала для гравийно-песчаной смеси $k = 0,8$, для дробленых материалов $k = 0,65$; k_1 – коэффициент, учитывающий содержание наименьших частиц в щебне; при изменении этого содержания от 10 до 90% изменяется от 0,58 до 1,25; k_2 – коэффициент, учитывающий содержание среди наименьших частиц зерен размером меньше половины отверстия сита, при изменении этого содержания от 10 до 90% изменяется от 0,63 до 1,37.

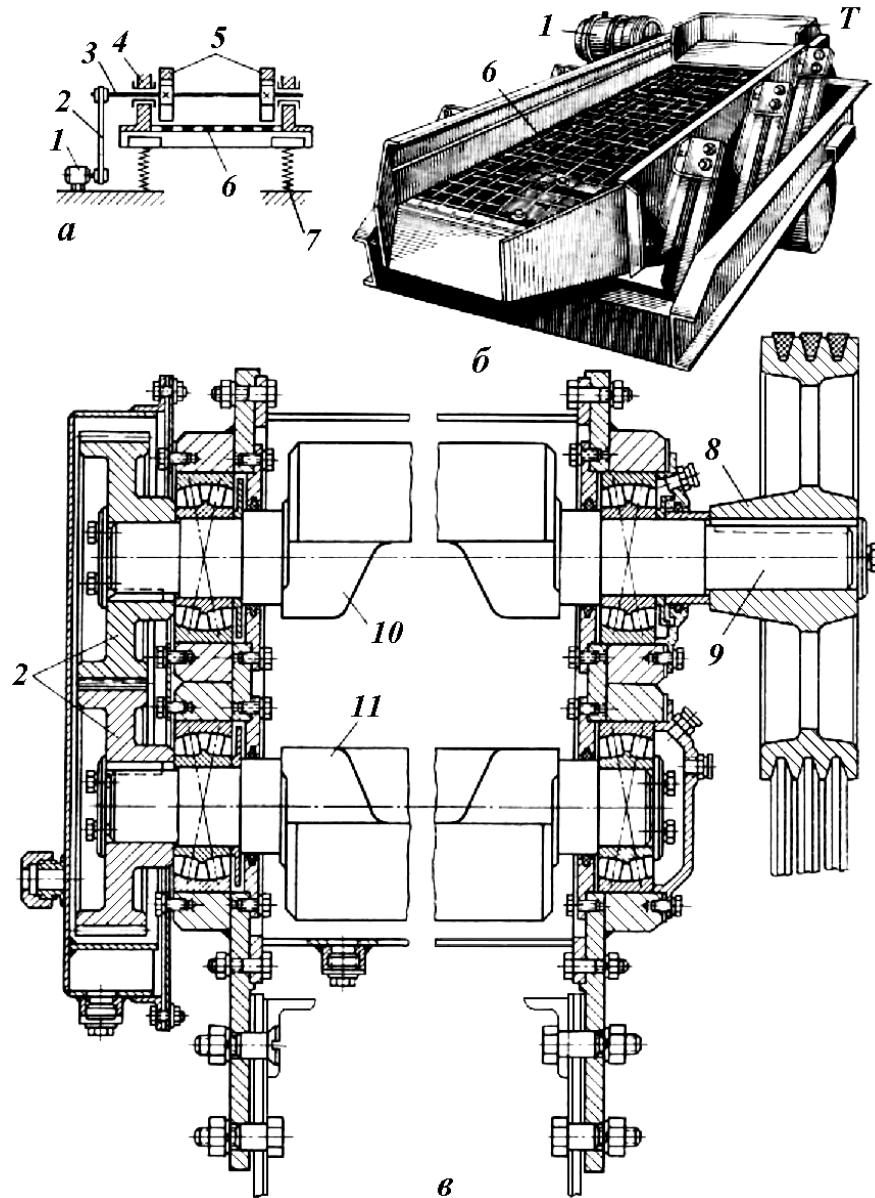


Рис.9.20. Вибрационный грохот:

a – схема грохота; $б$ – общий вид; $в$ – разрез вибратора; T – зона загрузки;
 1 – электродвигатель; 2 – ремень 3 – вал; 4 – рама; 5, 10 и 11 – дебалансы; 6 – сито;
 7 – пружины; 8 – шкив; 9 – вал дебаланса; 12 – шестерня

Для сортировки и обогащения песка и мелкого щебня все шире применяется пневмокласификация как в потоке воздуха, так и в виброкипящем слое с использованием горячего воздуха. Такой способ обеспылевания снижает экологическое давление на окружающую среду по сравнению с промывкой водой этих строительных материалов.

Передвижные дробильно-сортировочные установки. В тех случаях, когда отсутствует возможность или экономически нецелесообразно получать

щебень со стационарного дробильно-сортировочного завода, используют передвижные установки для переработки каменных материалов. Нередко такие установки находят применение при разработке небольших притрассовых карьеров для нужд дорожного строительства.

Передвижные установки осуществляют измельчение материалов с разделением их на грохотах по крупности. Необходимое оборудование монтируется на одном, двух или нескольких шасси и состоит в большинстве случаев из набора серийно выпускаемых машин.

Примером одноагрегатной передвижной установки с двухстадийным дроблением может служить установка, предназначенная для дробления и сортировки горных пород и других материалов прочностью до 2500 кГ/см^3 (рис.9.21). На ней осуществляется вторичное дробление в замкнутом цикле.

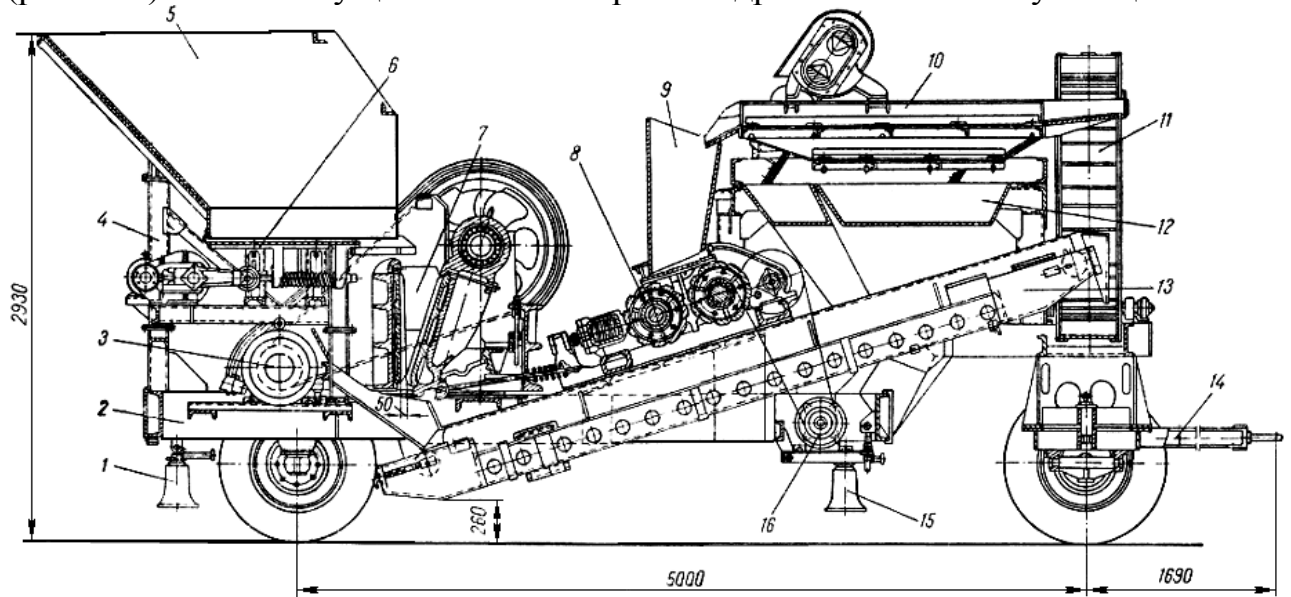


Рис. 9.21. Передвижная дробильно-сортировочная установка:

1 и 15 – винтовые домкраты; 2 – рама; 3 – электродвигатель; 4 – рама лоткового питателя; 5 – загрузочный бункер; 6 – лотковый питатель; 7 – щековая дробилка со сложным движением щеки; 8 – валковая дробилка; 9 – желоб; 10 – виброгрохот; 11 – ротационный элеватор; 12 – бункер; 13 – ленточный конвейер; 14 – дышло; 16 – электродвигатель валковой дробилки

Все оборудование смонтировано на двухосном шасси с пневматическими колесами и включает в себя приемный бункер, лотковый питатель, щековую дробилку, ленточный конвейер, ротационный элеватор, виброгрохот, валковую дробилку, электродвигатели с индивидуальными приводами к отдельным машинам агрегата и вспомогательное оборудование.

Подлежащий переработке материал, загружаемый в бункер, подается лотковым питателем в щековую дробилку. При этом мелкие зерна проваливаются в зазоры между колосниками, расположенными у конца питателя, и по желобу и направляющему лотку поступают, минуя дробилку, сразу на ленточный конвейер. Продукт, выходящий из разгрузочной щели щековой дробилки, попадает на тот же конвейер и по нему на ротационный элеватор, подающий материал на приемный лоток виброгрохота.

Горизонтально установленный инерционный грохот с дебалансным вибратором направленного действия сортирует материал на три фракции. Зерна, не прошедшие через отверстия верхнего сита, направляются на вторичное

дробление в валковую дробилку, работающую в замкнутом цикле. Продукт этой дробилки снова попадает на ленточный конвейер, на элеватор и грохот, пока не будет измельчен до требуемых размеров. Просеивающиеся через отверстия сит зерна двух фракций поступают в соответствующие отсеки бункера под грохотом. Из бункера материалы выгружают на ленточные конвейеры. Управление агрегатом – централизованное с пульта, оснащенного необходимыми приборами.

На основной раме агрегата (прицепа) шарнирно подвешены четыре винтовых домкрата. При подготовке агрегата к эксплуатации под основания домкратов подкладывают прочные брусья. Рама поддомкрачивается для разгрузки колес, но без их отрыва от основания. Все колеса должны быть закреплены упорами. При установке агрегата на длительный период эксплуатации раму следует опирать на клетки, сложенные из деревянных шпал или брусьев.

Глава 10

Машины для приготовления цементобетонных и растворных смесей, асфальтобетонов

10.1. Дозировочные устройства

Для получения бетонной смеси или раствора заданного состава необходимо точное дозирование компонентов – вяжущего, воды, песка, щебня (гравия), добавок. Погрешность, допускаемая при дозировке материалов в заводских условиях, не должна превышать: для цемента и воды $\pm 1\%$, для заполнителей $\pm 2\%$.

В соответствии с типом смесителя используются дозаторы циклического или непрерывного действия. По принципу дозирования различают дозаторы объемные и весовые. Дозаторы бывают с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением.

Объемные дозаторы конструктивно проще весовых, но уступают им в точности дозирования, поэтому объемное дозирование заполнителей применяют на отдельно устанавливаемых смесителях на строительных площадках и на смесительных установках небольшой производительности. Объемный дозатор циклического действия – мерный сосуд, состоящий по высоте из двух частей. Они соединены болтами, что позволяет поднимать или опускать нижнюю часть сосуда, регулируя количество сыпучего материала. Объем загруженного материала определяется по шкале, расположенной на дозаторе. Для дозирования воды применяются водомерные бабки сифонного действия.

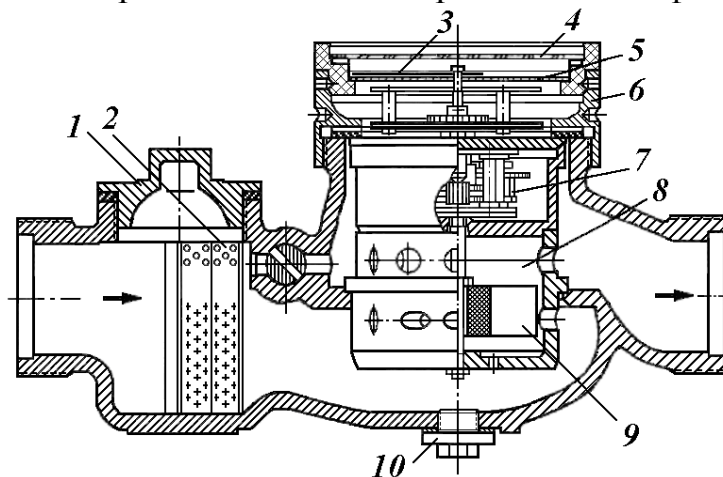


Рис. 10.1. Дозатор воды турбинного типа:

1 – корпус; 2 – сетка; 3 – стрелка; 4 – стекло; 5 – циферблат; 6 – поворотное кольцо;
7 – редуктор; 8 – камера крыльчатки; 9 – крыльчатка; 10 – пробка

Более точными, надежными и компактными являются дозаторы *турбинного* типа. Такой дозатор (рис. 10.1) состоит из корпуса, в котором размещена камера 8 турбинки (крыльчатки). В верхней части корпуса установлен циферблатный указатель количества пропущенной воды, имеющий

100 делений. Каждое деление соответствует 1 л воды. Вода поступает в дозатор через входную горловину с фильтрующей сеткой 2. В камеру 8 вода поступает через нижнее отверстие, а выходит через верхнее. Перед дозированием циферблат устанавливают на нулевое деление, вращая поворотное кольцо 6. После этого оператор открывает кран и следит за движением стрелки по циферблату; при совпадении стрелки с соответствующим делением оператор закрывает кран. Имеются циклические дозаторы для воды с автоматическим управлением. Они предназначены для обслуживания более крупных смесителей.

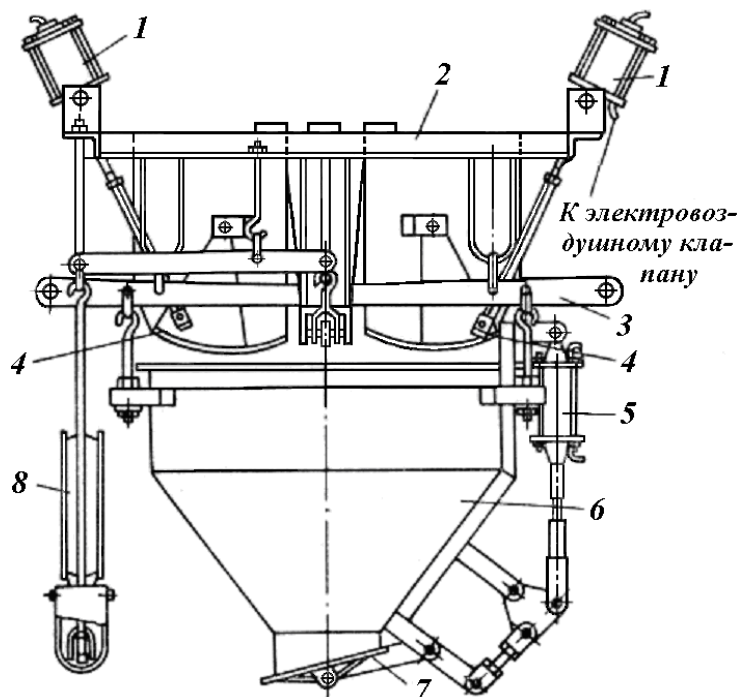


Рис. 10.2. Автоматический весовой дозатор:

1 – пневмоцилиндр впускного затвора; 2 – рама; 3 – весовая рычажная система; 4 – секторный затвор; 5 – пневмоцилиндр выпускного затвора; 6 – весовой бункер; 7 – выпускной затвор; 8 – циферблатный указатель

Циклические весовые дозаторы для заполнителей и цемента так же, как и объемные, имеют сосуд для дозируемого материала, но снабженный весовым устройством. На рис. 10.2 показан дозатор с фотоэлектронными датчиками. К раме подвешены две впускные воронки с секторными затворами. Для открывания и закрывания затворов служат пневмоцилиндры с электровоздушными клапанами. Взвешивание производится устройством, включающим рычажную систему, с выпускным затвором 7, управляемым пневмоцилиндром 5 с электропневматическим клапаном. Отличительной особенностью дозатора является циферблатный указатель с осветительными лампами. Лампы помещены внутри металлических патронов; в одном из торцов патрона имеется небольшое отверстие для пропуска светового луча. В зависимости от расположения лампы на окружности циферблата отвешивается та или иная доза материала с градацией через 2 кг. Стрелка циферблата имеет на конце фотосопротивление. При наполнении дозируемым материалом весового бункера стрелка перемещается по шкале циферблата. При пересечении ею луча света, выходящего из отверстия включенной лампы, автоматически подается сигнал на электронный блок усиления и закрывается

впускной затвор дозатора. Имеются циферблатные указатели и других конструкций.

Дозаторы непрерывного действия бывают как объемными, так и весовыми. Первые используются преимущественно на небольших смесительных установках, в частности передвижных. Для объемного непрерывного дозирования цемента, а иногда и заполнителей получили распространение шнековые дозаторы. Количество подаваемого материала регулируется скоростью вращения шнека. Специальный приводной механизм, установленный между валом редуктора и валом шнека, позволяет изменять число оборотов последнего. Для обеспечения большей точности дозирования, зависящей от объемного веса материала, шнек имеет переменную величину шага, уменьшающегося в направлении движения дозируемого материала.

На передвижных установках небольшой производительности иногда применяют простые дозаторы непрерывного действия в виде короткого ленточного конвейера. Высота слоя материала на ленте регулируется положением заслонки и козырька, установленного у выходного отверстия загрузочного бункера.

Весовые дозаторы непрерывного действия разделяют по принципу автоматического регулирования на дозаторы прямого и непрямого действия. У первых объединены в одном агрегате устройства для взвешивания и изменения количества подаваемого материала.

Дозаторы непрямого действия являются двухагрегатными: один агрегат служит для изменения количества подаваемого материала, другой – для взвешивания. Одноагрегатные дозаторы применяются на установках и заводах меньшей производительности. Основной частью такого дозатора является ленточный конвейер, на котором производится отвешивание непрерывно перемещаемого материала. Конвейер подвешен шарнирно к приемному бункеру. Через систему рычагов конвейер связан с заслонкой, автоматически поддерживающей толщину слоя материала, поступающего из бункера, в соответствии с заданным количеством (весом).

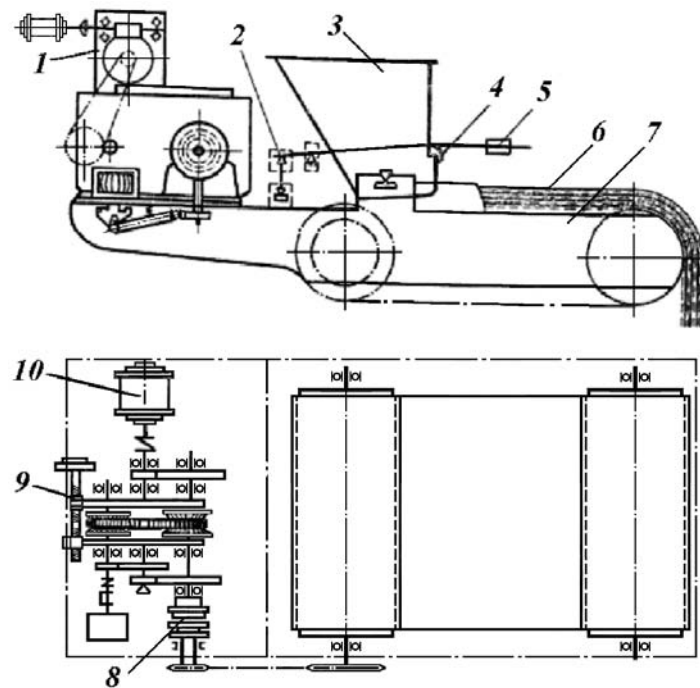


Рис.10.3. Схема весового автоматического дозатора непрерывного действия

Например, весовой автоматический дозатор непрерывного действия С-633Д (рис. 10.3) обеспечивает весовое дозирование инертных заполнителей с точностью $\pm 2\%$ при практически неограниченном количестве марок бетона.

Дозатор имеет весовую систему 2, к которой подвешена вся конструкция так, что главная опора расположена по средней линии течки 3. Такое положение исключает влияние материала, находящегося в бункере и течке, на состояние равновесия. Весовая система маятникового типа с механическим регулированием веса материала на ленте транспортера 7. Величина веса материала 6 определяется положением грузов 5, а поддерживается автоматически при помощи заслонки 4, которая при увеличении веса материала и повороте транспортера по часовой стрелке несколько опускается, уменьшая вес материала, а при повороте против часовой стрелки поднимается и увеличивает вес.

Процентное содержание компонентов в смесях, дозируемых такими дозаторами, зависит от их производительности, т.е. от скорости движения ленты транспортера, которую можно регулировать в широких пределах и автоматически поддерживать постоянной благодаря конструкции привода.

Привод состоит из электродвигателя 10, цепного пластинчатого вариатора 9, двухступенчатого редуктора, кулачковой муфты 8 и исполнительного механизма 1. Если число оборотов ведущего барабана ленточного транспортера меньше заданного, автоматическое устройство включает двигатель исполнительного механизма 1 и уменьшает передаточное число вариатора до достижения заданной скорости. При превышении числа оборотов передаточное число увеличивается благодаря реверсированию двигателя исполнительного механизма.

Дозатор отличается высокой производительностью (от 7 до 68 т/ч), малыми размерами (1510X1035x690 мм) и небольшим весом (374 кг).

Автоматический дозатор непрерывного действия С-685 обеспечивает дозирование цемента при любой заданной производительности от 5 до 25 т/ч. Дозатор представляет собой шнек с шагом, уменьшающимся по ходу движения от 200 до 100 мм, что обеспечивает уплотнение цемента до постоянной плотности. Шнек расположен в трубе и вращается от электродвигателя через клиноременную передачу, цепной пластинчатый вариатор и редуктор. Исполнительный механизм обеспечивает регулирование и поддержание числа оборотов шнека в заданных пределах.

10.2. Смесительные машины для приготовления бетонных смесей и растворов

Бетоносмесительная установка состоит из смесительного барабана с приводом, дозаторов сухих материалов и воды, системы управления.

В двухступенчатых бетоносмесительных установках (рис. 10.4) каркасные металлоконструкции, несущие расходный бункер с дозаторами и смеситель, устанавливаются рядом. Щебень и песок загружаются с уровня земли в расходный бункер для дозирования (1-я ступень), после чего снова с уровня земли загружаются в смеситель (2-я ступень). В одноступенчатых установках расходный бункер, дозаторы и смеситель размещены друг над другом на перекрытиях одной каркасной металлоконструкции, поэтому щебень и песок поднимаются однократно; они чаще используются на крупных заводах железобетонных изделий.

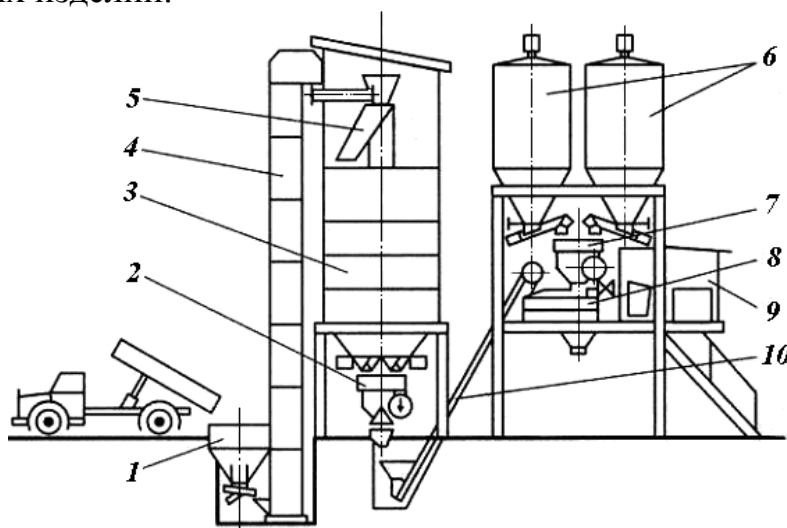


Рис. 10.4. Схема двухступенчатой бетоносмесительной установки: 1 – приемный бункер; 2 – дозатор песка и щебня; 3 – расходный бункер; 4 – многоковшовый конвейер; 5 – поворотная воронка; 6 – силосы цемента; 7 – дозатор цемента; 8 – бетоносмеситель; 9 – кабина управления; 10 – скиповый подъемник

Стационарные установки рассчитаны на постоянную эксплуатацию на одном месте в течение длительного времени. Поэтому установки подключаются к стационарным телефонным, электрическим, газовым, водопроводным и канализационным сетям, все их агрегаты монтируются на капитальных фундаментах, а персонал включается в муниципальные системы медицинского и страхового обслуживания на постоянной основе.

Агрегаты инвентарных бетоносмесительных установок объединены в блоки, размеры которых не превышают ограничений на транспортные

габариты. Блоки приспособлены к быстрому монтажу из них бетоносмесительной установки или ее демонтажу и погрузке на транспортные средства. Инвентарные установки используются в случаях, когда потребность в цементобетоне сохранится не более 2...3 лет. Обычно инвентарные установки также подключаются к стационарным муниципальным сетям, но на временной основе.

Агрегаты передвижных бетоносмесительных установок монтируются на прицепных или полуприцепных пневмоколесных шасси, комплектуются собственной электростанцией, резервуарами и бункерами для хранения запаса воды и сухих компонентов смеси. Передвижные установки целесообразно использовать, когда скорость перемещения фронта укладки цементобетона делает убыточной доставку его с инвентарных и стационарных установок.

Для перемешивания компонентов бетона или раствора применяются смесители периодического и непрерывного действия. Те и другие разделяют по способу перемешивания на смесители со свободным падением материалов в смесительном барабане (гравитационные смесители) принудительным перемешиванием. Гравитационные смесители используются, как правило, для приготовления бетонных смесей. Для приготовления бетонных смесей с легким заполнителем, например керамзитобетона, а также строительных растворов обычно применяются машины с принудительным перемешиванием, обеспечивающие в этих условиях лучшее качество смеси. Приготовление бетонных смесей с заполнителями крупностью до 40...70 мм также может осуществляться в мешалках принудительного действия. Хорошее перемешивание жестких смесей достигается только в таких смесителях.

Гравитационные смесители. В гравитационном смесительном барабане, вращающемся вокруг горизонтальной или наклонной оси, компоненты смеси перемешиваются лопастями, расположенными на внутренней поверхности барабана, за счет подъема и последующего падения. Гравитационные барабаны отличаются простотой, малой энергоемкостью и нечувствительностью к крупному щебню, но плохо перемешивают жесткие смеси с водоцементным отношением менее 0,5.

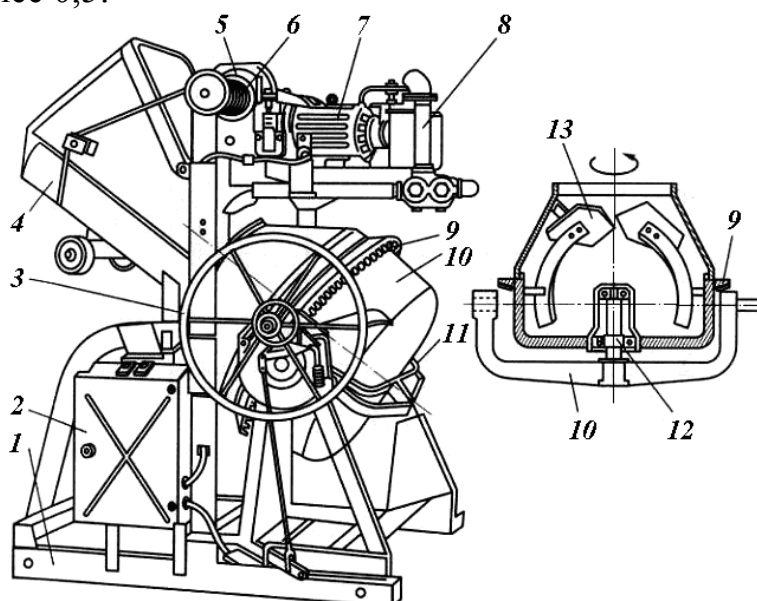


Рис. 10.5. Опрокидывающийся гравитационный смесительный барабан:

1 – рама; 2 – электрооборудование; 3 – штурвал опрокидывания барабана; 4 – скиповый ковш; 5 – червячный редуктор; 6 – подъемник ковша; 7 – двигатель; 8 – водяной дозатор; 9 – зубчатый приводной венец; 10 – барабан; 11 – траверса; 12 – ось вращения барабана; 13 – перемешивающая лопасть

Опрокидывающийся гравитационный барабан смесителя периодического действия (рис. 10.5). Барабан смесителя состоит из нижней цилиндрической части и верхней в виде усеченного конуса. Их соединяет цилиндрическая обечайка с зубчатым венцом, перекатываемым по двум диаметрально противоположно расположенным шестерням, одна из которых является опорной, а вторая вращается электродвигателем через редуктор. Барабан вращается на короткой цапфе, приваренной в центре его днища и закрепленной в подшипниковой опоре, установленной на перекладине П-образной опрокидывающейся траверсы между ее стойками. К стойкам крепятся опорная и ведущая шестерни, а сами стойки проходят с двух диаметрально противоположных сторон барабана и крепятся к станине смесителя подшипниковыми опорами, позволяющими наклонять траверсу вместе с барабаном. Внутри барабана по всей его длине укреплены 2...3 лопасти, перемешивающие материал при вращении барабана. Барабан загружается через открытый торец конической части и через это же отверстие готовая смесь выгружается из барабана под собственным весом при его наклоне.

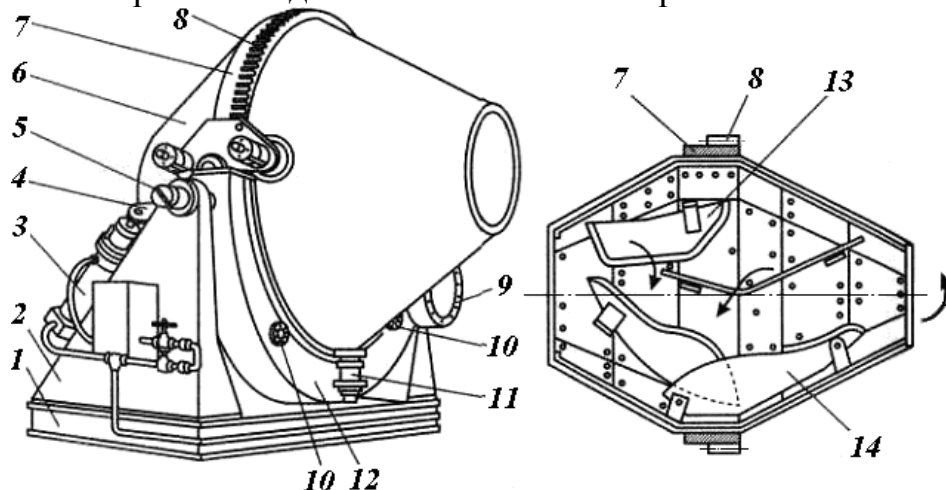


Рис. 10.6. Гравитационный смесительный барабан:

1 – станина; 2 – стойка; 3 – пневмоцилиндр наклона траверсы с барабаном; 4 – кронштейн; 5 – шип траверсы; 6 – барабан; 7 – обод; 8 – зубчатый венец; 9 – двигатель; 10 – опорные ролики (сзади траверсы); 11 – упорный ролик, удерживающий барабан при наклоне (три пары); 12 – траверса; 13, 14 – перемешивающие лопасти

Наклоняющийся конусный барабан стационарного гравитационного бетоносмесителя (рис. 10.6). Конусный барабан состоит из короткого и длинного усеченных конусов, основания которых соединены цилиндрической обечайкой. На обечайке смонтирован обод с зубчатым венцом, передающим на барабан вращение от ведущей шестерни. Барабан опирается на ролики, установленные в полу круглой траверсы, охватывающей барабан снизу. Шипами траверсы опирается на подшипники в стойках П-образной станины. Загружается барабан в горизонтальном положении через горловину длинного конуса, а разгружается при наклоне барабана через нее же. В коротком конусе устанавливаются более глубокие цилиндрические лопасти, а в длинном – более

пологие, чем обеспечивается не только подъем и сбрасывание смеси, но и ее циркуляция вдоль оси барабана.

Существуют конструкции барабанов, в которых спиральные разгрузочные лопатки выгружают готовую смесь при обратном вращении барабана без наклона его оси.

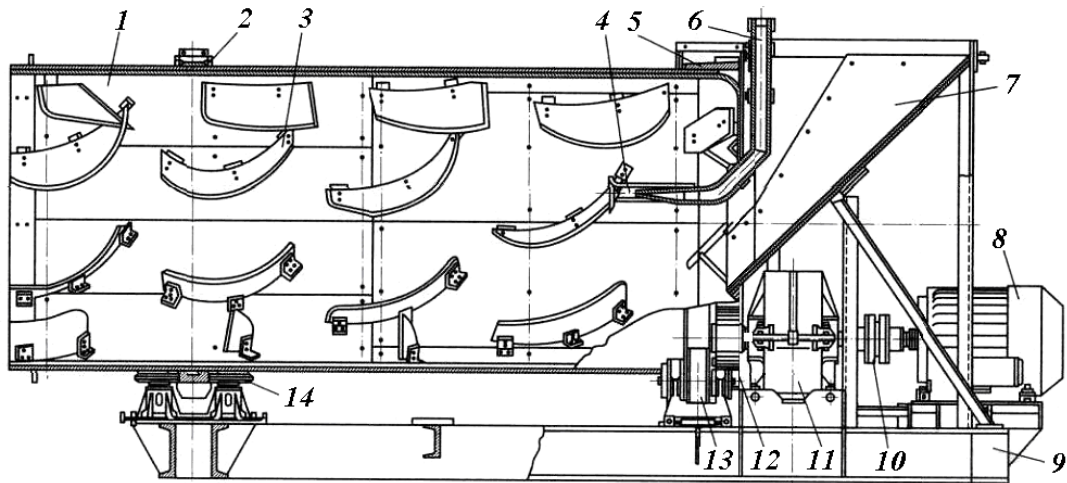


Рис. 10.7. Гравитационный смеситель непрерывного действия:

1 – барабан; 2 – бандаж; 3 – лопасть; 4 – водяная форсунка; 5 – зубчатый венец привода барабана; 6 – труба; 7 – загрузочная воронка; 8 – двигатель; 9 – рама; 10 – соединительная муфта; 11 – редуктор; 12 – ведущая шестерня; 13 – опорный ролик; 14 – упорный ролик

Гравитационный барабан непрерывного действия (рис. 10.7). Гравитационный барабан, установленный горизонтально, имеет цилиндрическую форму, загрузочный и разгрузочный люки в противоположных торцах. Лопасты на внутренней поверхности барабана установлены по винтовой линии, что, улучшая перемешивание материала, перемещает его к разгрузочному люку. Изнутри корпус барабана облицован износостойкими пластинами из марганцовистой стали или белого чугуна. Корпус барабана охватывается двумя бандажами, каждый из которых опирается на два опорных ролика. Вращение от ведущей шестерни передается на барабан через зубчатый венец, прикрепленный к одному из бандажей. Сухие компоненты смеси подаются в загрузочный люк через загрузочную воронку. Вода и добавки разбрызгиваются внутри первой трети барабана из струйно-распылительного устройства, соединенного с дозаторами. Лопасты установленные в конце барабана, повернуты таким образом, что выгружают готовую смесь из барабана через разгрузочный люк в распределительный лоток.

Смесители с принудительным перемешиванием материалов. Бетоносмесители периодического действия с принудительным перемешиванием материалов предназначены для приготовления жестких бетонных смесей с заполнителями крупностью не более 30 мм. Принудительное перемешивание материалов осуществляется вращающимся лопастным валом (валами) в неподвижном или вращающемся барабане. Большинство смесителей имеет корытообразный или чашеобразный барабан.

В машинах с корытообразным барабаном перемешивание материалов производится в неподвижном барабане вращающимся лопастным валом (или

двумя параллельными валами). Различают смесители с винтовыми и прямыми лопастями. Первые используются преимущественно для приготовления строительных растворов, вторые – для приготовления асфальтобетонных и цементно-бетонных смесей.

Лопастные лотковые бетоносмесители принудительного перемешивания. Бетоносмесители с двумя горизонтально расположенными валами и выгрузкой через люк применяются для приготовления смесей с заполнителями не крупнее 40 мм, так как более крупные включения, попадая между корпусом и жестко закрепленной лопаткой, могут вызвать ее поломку (рис. 10.8). В зависимости от требований к качеству смеси применяют смесители циклического или непрерывного действия, причем конструктивные схемы тех и других идентичны схемам аналогичных асфальтосмесителей.

Лопастные лотковые бетоносмесители принудительного перемешивания с одним горизонтальным валом и выгрузкой опрокидыванием используются, главным образом, для приготовления строительных цементных растворов (смесей цемента, песка и воды), так как их шнековые лопасти двигаются близко к стенкам смесителя и могут заклиниваться щебнем. Цилиндрический корпус смесителя расположен горизонтально и открыт сверху. Подшипниковые опоры вала крепятся на станине смесителя, а корпус своими подшипниковыми опорами крепится на валу и может поворачиваться вокруг него независимо от его вращения. На валу установлена ленточная лопасть в виде цилиндрической спирали, расположенной между торцами корпуса. Загружается смеситель через открытый верх, а выгружается поворотом корпуса вокруг вала вверх дном.

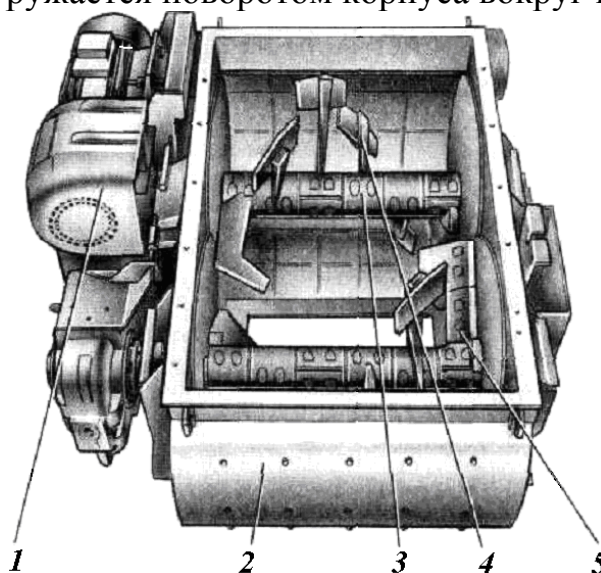


Рис. 10.8. Двухвальный смеситель циклического действия с принудительным перемешиванием: 1 – привод валов; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – лопасть; 5 – разгрузочный люк

Смесители с чашеобразным барабаном применяются главным образом для приготовления жестких бетонных смесей. Они бывают различных типов: с вращающимся или неподвижным барабаном (чашей), с одним, двумя и несколькими вертикальными валами, с перемешиванием лопастями, с центральным или смещенным положением оси вращения лопастей. Имеются смесители, снабженные, помимо перемешивающих лопастей, катками

(роликами) для разминания образующихся цементно-песчаных комков. Смесители работают циклично, с загрузкой компонентов сверху и разгрузкой готовой смеси через отверстие в днище чаши, реже – путем опрокидывания барабана. Наиболее распространены смесители с чашеобразным барабаном емкостью (по объему готового замеса) от 100 до 800 л и производительностью от 3 до 15 м³/ч.

На заводах ЖБИ, производящих керамзитобетонные стеновые панели, а также изделия из жестких бетонных смесей, широко применяются смесители с вращающейся чашей, например бетоносмеситель С-356 (рис. 10.9). Он имеет барабан, выполненный в виде цилиндрической чаши 12 с горизонтальным днищем, в центре которого имеется разгрузочный люк 15, прикрытый снизу крышкой. Смесительная чаша опирается на четыре опорных ролика 6, подшипники которых установлены на раме 10. Рама сварена из швеллеров и имеет две стойки 2, объединенные сверху поперечиной 14. На стойках и поперечине смонтирован привод, состоящий из электродвигателя 19, клиноременной передачи 21, редуктора 22, горизонтального вала 20 и трех вертикальных валов, вращающихся от горизонтального вала при помощи конических передач 1. Крайний вертикальный вал 3 имеет внизу цилиндрическую шестерню 4, которая находится в зацеплении и вращает венцовую шестерню 5, укрепленную на днище чаши. Два других вертикальных вала укреплены в подшипниках на поперечине консольно и на нижней части несут трехлучевые крестовины 16 с закрепленными на них лопатками 17. При вращении валов лопатки на крестовинах интенсивно перемешивают материал во вращающейся чаше. Кроме того, материал перемешивают и неподвижные гребки 11, расположенные на балке 13, прикрепленной к поперечине, а также очистной гребок 18, зачищающий борт чаши. Лопатки и гребки прижимаются к упорам пружинами, что обеспечивает возможность их подъема для предотвращения поломки при попадании крупных кусков заполнителя между лопатками и чашей.

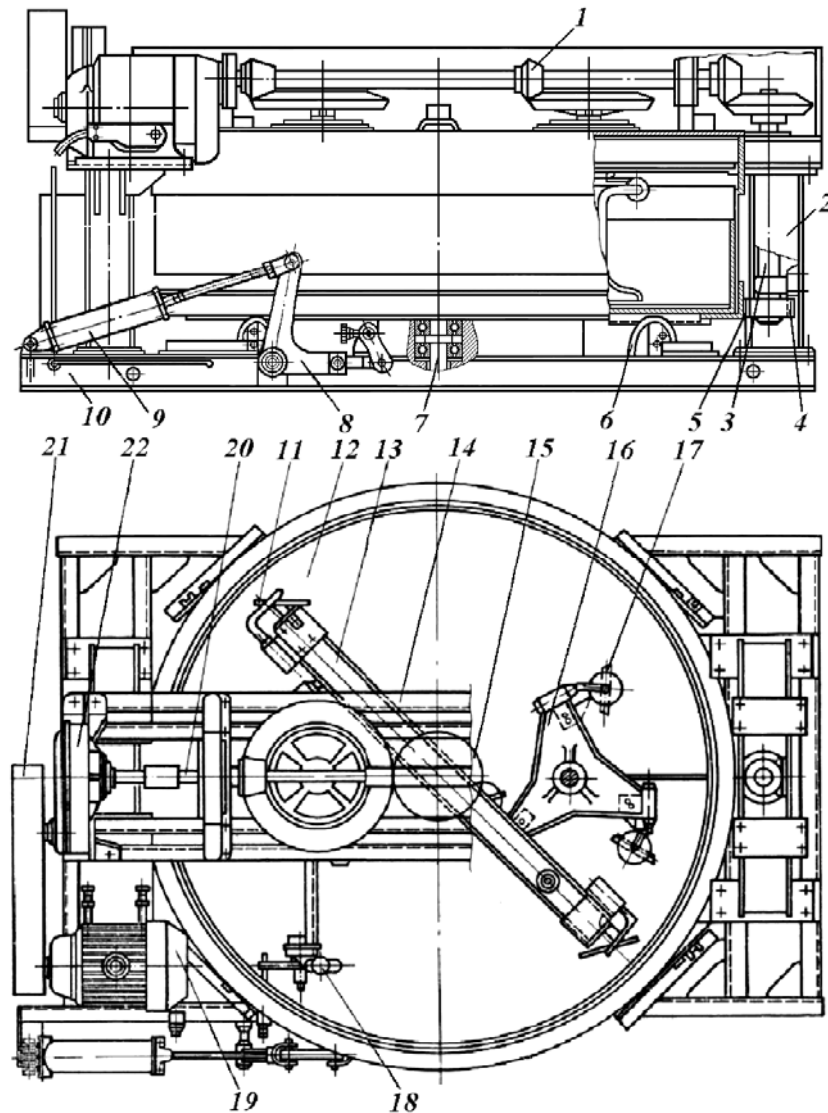


Рис. 10.9. Бетоносмеситель С-356 периодического действия с принудительным перемешиванием материалов емкостью 1000 л

Процесс приготовления бетонной смеси начинается с загрузки во вращающуюся вокруг вертикальной оси смесительную чашу исходных материалов. Перемешивание происходит в основном шестью лопатками, укрепленными на крестовинах, а неподвижные гребки благодаря вращению чаши подгребают смесь к вращающимся лопаткам.

Выгрузку бетонной смеси производят через центральное отверстие в днище чаши, прикрытое снизу крышкой, которая свободно вращается на оси 7 и вместе с осью системой рычагов 8 может опускаться и подниматься при соответствующем движении штока пневмоцилиндра 9. После окончания перемешивания сжатый воздух из сети при давлении 7 атм ($0,69 \text{ Мн/м}^2$) путем поворота рукоятки на пульте управления направляют в верхнюю часть цилиндра, рычаги поворачиваются, и отверстие открывается. Так как чаша и лопатки вращаются, бетонная смесь проходит через центральное отверстие и попадает в транспортирующее устройство. Управление работой бетоносмесителя осуществляется дистанционно из дозаторного отделения. Рычаг 8 в крайних положениях нажимает на один или другой конечный

выключатель и зажигает соответствующий сигнал (открыто или закрыто) на пульте управления перед оператором.

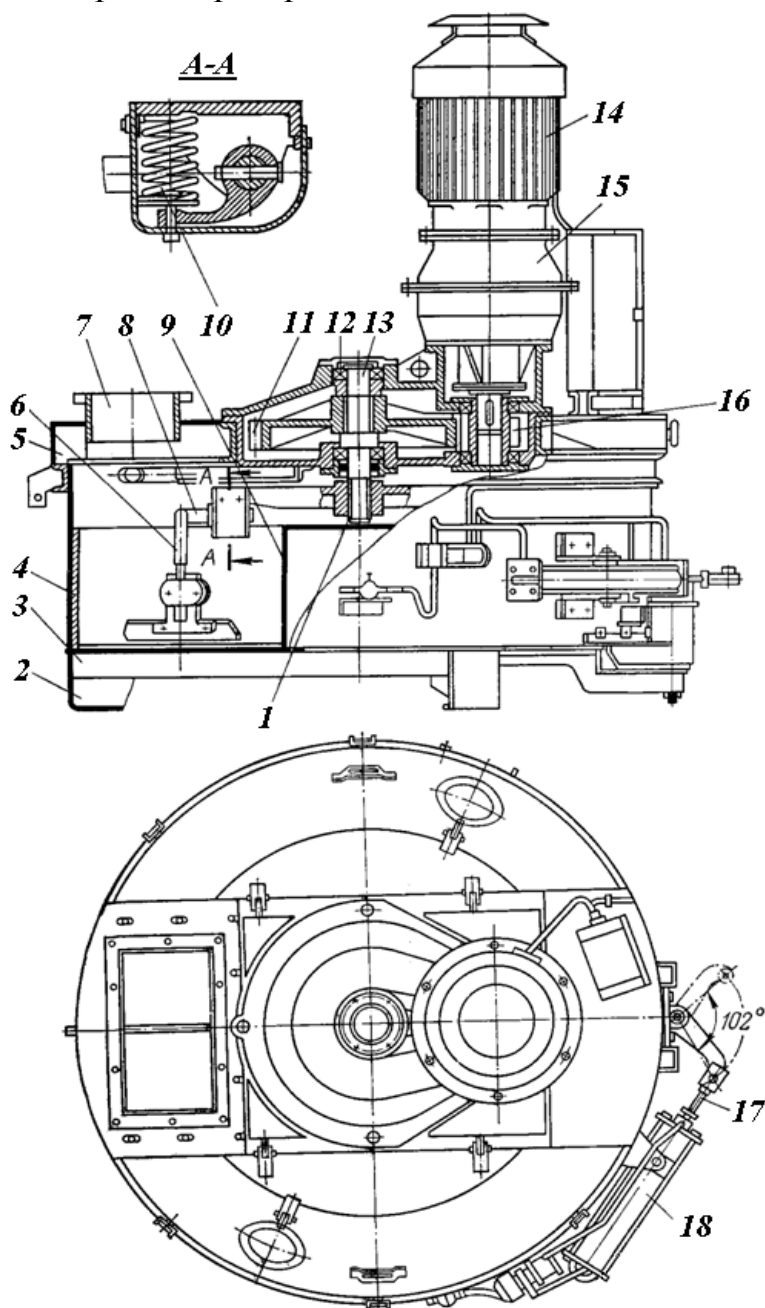


Рис. 10.10. Роторный бетономеситель с чашеобразным корпусом

Смеситель роторный для смешивания компонентов бетонной смеси с объемом готового замеса 330 л показан на рис. 10.10.

Смеситель состоит из неподвижного корпуса 3, рамы 5 и смешивающего механизма, смонтированного на роторе 1. Вращение ротору сообщается от электродвигателя 14 со встроенным редуктором 15 через вал-шестерню 16 и цилиндрическое зубчатое колесо 11, насаженное на конец вала, на котором также укреплен ротор. Вал 13 установлен в подшипниках 12.

Материалы смешиваются в кольцевой рабочей камере, образованной внутренней 9 и наружной 4 обечайками. Смешивающий механизм состоит из пяти лопастей, которые к ротору крепятся с помощью держателей 5 и водил 8. Лопасты расположены на разных расстояниях от оси вращения и перекрывают

поэтому все пространство кольцевой камеры. В камеру материал загружается через патрубок 7. Готовую смесь из рабочей камеры выгружают через секторное отверстие, расположенное в днище. Отверстие перекрывается затвором, управляемым пневмоцилиндром 18 через систему тяг и рычагов 17. Внутренняя поверхность рабочей камеры футеруется высокопрочными стальными листами. Корпус смесителя укреплен на трех стойках 2, расположенных под углом 120° относительно друг друга. Пружинные амортизационные устройства 10 предназначены для предупреждения поломки лопастей, держателей и водил при попадании в рабочую камеру крупных кусков материала (или посторонних предметов).

В планетарно-роторных смесителях лопасти не только перемещаются по кругу в кольцевой смесительной камере, но и вращаются вокруг собственной оси. Имеются смесители, у которых относительно оси чаши вращается горизонтальная траверса, несущая вертикальные лопастные валы, вращающиеся, в свою очередь, относительно осей подвеса их к траверсе. Для приготовления керамзитобетонной смеси применяются смесители, снабженные решетчатыми катками, катящимися по днищу чаши вокруг вертикального вала. При этом катки перемешивают материалы и одновременно измельчают крупные зерна керамзита.

Турбулентные смесители отличаются большой скоростью вращения ротора (500 об/мин и более). Они предназначены для приготовления подвижных бетонных смесей с осадкой конуса не менее 8 см и с заполнителями крупностью до 30...40 мм для строительных растворов, мастичных и эмульсионных смесей. Такие смесители непригодны для жестких составов.

Автобетоносмесители. Этот тип передвижных установок (рис. 10.11), используют для перевозки готовой цементобетонной смеси или приготовления ее в пути. Смесительный барабан гравитационного перемешивания с циклическим режимом работы устанавливается на шасси грузового автомобиля и комплектуется приводом, обычно гидрообъемным, расходным водяным баком с дозатором и загрузочным, разгрузочным и направляющим лотками. Смесь перемешивается спиральными лопастями, а при обратном вращении барабана эти лопасти поднимают смесь к горловине барабана и выгружают в разгрузочный лоток. Продолжительность перемешивания обычно составляет от 15 до 20 мин, поэтому при использовании автобетоносмесителей на коротких расстояниях их целесообразно загружать уже готовой смесью.

Производительность бетоносмесителя зависит от вместимости барабана, которая должна быть в 2...3 раза больше объема смеси при загрузке, и продолжительности перемешивания, которое определяется относительным количеством воды и цемента в смеси. Продолжительность приготовления обычной бетонной смеси составляет от 60 до 150 с, а для жесткой смеси – до 240 с.

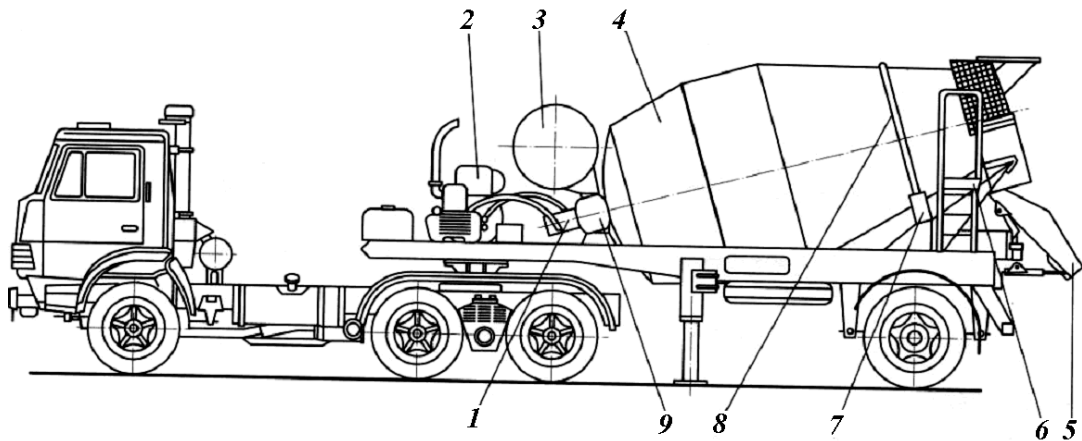


Рис. 10.11. Схема автобетоносмесителя:

1 – центральная цапфа смесительного барабана; 2 – двигатель внутреннего сгорания привода барабана; 3 – бак для воды; 4 – смесительный барабан; 5 – направляющий лоток; 6 – лестница для обслуживания; 7 – опорный ролик; 8 – бандаж; 9 – гидромотор привода барабана

Производительность бетоносмесителя периодического действия (Π_6) можно рассчитать по формуле:

$$\Pi_6 = V_{\text{зам}} k_{\text{вых}} k_{\text{в}} / (t_{\text{заг}} + t_{\text{выг}} + t_{\text{под}}),$$

где $V_{\text{зам}}$ – вместимость барабана по загрузке, т.е. объем сухих компонентов смеси, загружаемых в барабан; $k_{\text{вых}}$ – коэффициент выхода, т.е. отношение объема готового бетона к объему сухих компонентов, загруженных в барабан (для бетонов $k_{\text{вых}} = 0,67... 0,7$, для растворов $k_{\text{вых}} = 0,85... 0,95$); $k_{\text{в}}$ – коэффициент использования времени смены ($k_{\text{в}} = 0,85... 0,95$); $t_{\text{заг}}$ – продолжительность загрузки смесителя (при загрузке из дозаторов $t_{\text{заг}} = 10... 15$ с, при загрузке скиповым подъемником $t_{\text{заг}} = 15... 30$ с); $t_{\text{пер}}$ – продолжительность перемешивания смеси (табл. 10.1); $t_{\text{выг}}$ – продолжительность выгрузки готового замеса (для опрокидного или наклоняющегося барабана $t_{\text{выг}} = 10... 30$ с, для неопрокидного барабана $t_{\text{выг}} = 30... 60$ с); $t_{\text{под}}$ – продолжительность процесса подготовки барабана к загрузке новой порции смеси.

Таблица 10.1

Наименьшая продолжительность перемешивания цементобетона в гравитационных бетоносмесителях

Вместимость смесителя, м ³	Продолжительность перемешивания, с		
	Для бетонов с объемной массой более 2200 кг/м ³ и осадкой конуса		Для бетонов с объемной массой до 2200 кг/м ³
	до 6 см	свыше 6 см	
0,5	60	45	180
1,2	120	90	240
2,4	150	120	—

Производительность бетоносмесителя непрерывного действия ($\Pi_{б.н.д.}$) можно рассчитать по формуле:

$$\Pi_{б.н.д.} = k_{\text{сн}} \pi D_{\text{бар}}^2 s_{\text{лоп}} k_{\text{в}} / \omega_{\text{бар}},$$

где $k_{\text{сн}}$ – коэффициент снижения производительности из-за частичного заполнения поперечного сечения барабана материалом и замедления движения смеси вдоль барабана из-за трения о лопасти ($k_{\text{сн}} = 1,9... 2,3$); $D_{\text{бар}}$ – диаметр барабана; $s_{\text{лоп}}$ – шаг установки лопастей; $k_{\text{в}}$ – коэффициент использования времени смены; $\omega_{\text{бар}}$ – угловая скорость барабана.

Производительность автобетоносмесителя (Π_a) может быть рассчитана по формуле:

$$\Pi_a = \frac{V_{\text{зам}} k_b}{2} \left(\frac{1}{t_{\text{зап}} + L_3 / U_{\text{гр}} + t_{\text{выг}} + t_{\text{ман}}^{\text{гр}}} + \frac{1}{L_3 / U_{\text{под}} + t_{\text{ман}}^{\text{пор}}} \right),$$

где $V_{\text{зам}}$ – объем перевозимой смеси; k_b – коэффициент использования времени смены; $t_{\text{зап}}$ – время заполнения барабана и водяного бака; L_3 – дальность перевозки смеси; $U_{\text{гр}}$ – средняя скорость груженого автобетоносмесителя (максимальная скорость, как правило, не превышает 60 км/ч); $t_{\text{выг}}$ – время выгрузки смеси; $t_{\text{ман}}^{\text{гр}}$ – время маневрирования при подаче под загрузку и выгрузке смеси; $U_{\text{пор}}$ – средняя скорость порожнего автобетоносмесителя; $t_{\text{ман}}^{\text{пор}}$ – время маневрирования после выгрузки.

Ориентировочно производительность лопастных смесителей с плоскими лопастями (при наименьшей затрате энергии на перемешивание) можно определить по формуле:

$$\Pi = 60 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}; \quad \Pi = [60 \pi(D^2 - d^2)/4] \cdot bz \sin \alpha \cdot n k_3 k_b,$$

где D – диаметр окружности, описываемой концом лопасти, м; d – диаметр вала смесителя, м; b – длина дуги конца лопасти, м; z – число лопастей, приходящихся на один шаг винта (для двухвального смесителя – удваивается); α – угол между плоскостью лопасти и плоскостью, нормальной к оси вала смесителя; $\alpha = 10 \dots 45^\circ$; n – число оборотов вала смесителя, об/мин; k_3 – коэффициент заполнения корпуса смесителя, $k_3 = 0,55 \dots 0,6$; k_b – коэффициент возврата массы, $k_b = 0,85 \dots 0,9$.

Растворосмесители периодического действия применяют для приготовления цементных и известковых растворов путем принудительного механического перемешивания вяжущего, воды и песка в неподвижном барабане. Цементно-песчаные растворы применяются на заводах железобетонных изделий для получения сборных тонкостенных деталей методом проката на прокатных станах и формования в кассетных установках. Основным показателем растворосмесителей является емкость по загрузке их барабанов, т.е. суммарный объем сухих компонентов одного замеса до перемешивания.

Передвижные растворосмесители имеют барабаны емкостью по загрузке 80, 100, 150 и 325 л (по объему готового замеса соответственно 65, 80, 125, 250 л). Растворосмесители емкостью 150 и 325 л снабжены скиповыми подъемниками. Стационарные растворосмесители имеют барабаны емкостью по загрузке 750, 1000, 1500 л (по объему готового замеса 600, 800 и 1200 л).

Стационарный растворосмеситель периодического действия С-209 (рис. 10.12) состоит из рамы 1, открытого барабана 6, лопастного вала 7 и разгрузочного устройства. Барабан имеет цилиндрическую форму, изнутри он футерован стальными листами. На кронштейнах торцовых стенок барабана крепят подшипники 8 лопастного вала 7 и приводного вала. На лопастном валу, имеющем квадратное сечение, укреплены четыре кронштейна с двумя лопастями 4, изготовленными из полосовой стали и изогнутыми по винтовой линии, благодаря чему при вращении вала они не только перемешивают

материал, но и перемещают его к центру барабана. Лопастной вал вращается от электродвигателя 2 через клиноременную передачу 3, приводной вал и пару цилиндрических шестерен 5. Для снижения пускового момента и обеспечения плавного включения лопастного вала служит фрикционная муфта. Разгрузочное устройство представляет собой изогнутую по форме барабана крышку, прикрывающую люк.

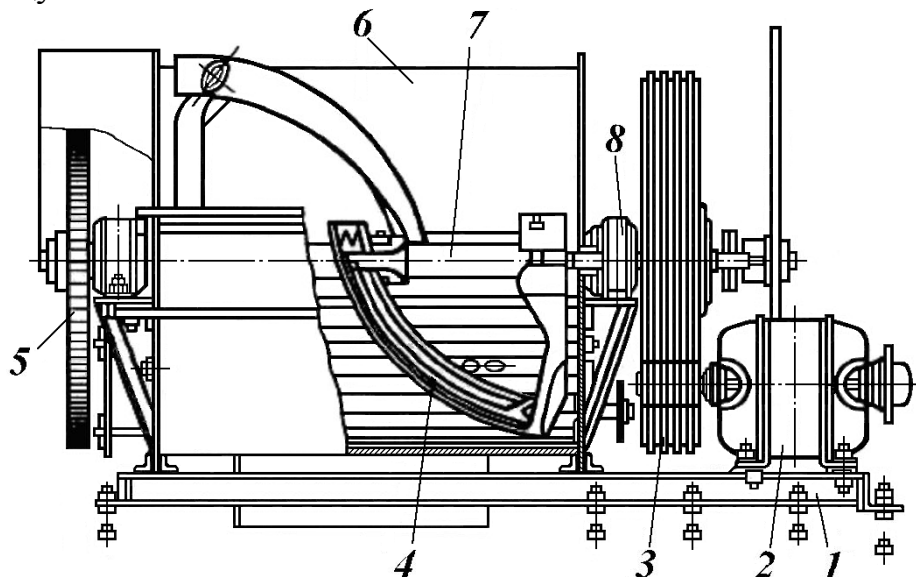


Рис. 10.12. Растворосмеситель периодического действия С-209

Система рычагов пневмоцилиндром прижимает крышку к люку и удерживает ее в таком положении при перемешивании материала или отодвигает ее при разгрузке. Растворная смесь при разгрузке направляется в люк вращающимися лопастями и по лотку поступает в транспортирующие устройства. Дозированный материал загружается в барабан сверху и увлажняется водой, поступающей по расположенной над растворосмесителем трубе, имеющей большое количество мелких отверстий. Емкость барабана по загрузке 1000 л, число оборотов лопастного вала в минуту 21,6. Производительность растворосмесителя 15 м³/ч. Аналогичное устройство и принцип действия имеет стационарный растворосмеситель СМ-290 с барабаном емкостью 1500 л.

Растворосмеситель непрерывного действия предназначен для приготовления строительных, цементных, известково-песчаных растворов и беспесчаного керамзитобетона. Растворосмеситель представляет собой одновальный лопастной смеситель, по конструкции и принципу действия имеющий много общего с двухвальными бетоносмесителями непрерывного действия. Перемешивание материала происходит в корытообразном корпусе при помощи вала с укрепленными на нем лопастями. Лопасты перемешивают материал и продвигают его от загрузочного отверстия в крышке корпуса к разгрузочному отверстию в днище корпуса. Угол поворота лопаток можно изменять, регулируя тем самым интенсивность и длительность перемешивания, а также производительность смесителя. Ориентировочно производительность лопастных смесителей с плоскими лопастями (при наименьшей затрате энергии на перемешивание) можно определить по формуле:

$$\Pi = 60 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} bz \sin \alpha \cdot nk_3 k_B \text{ м}^3/\text{ч}$$

где D – диаметр окружности, описываемой концом лопасти, м; d – диаметр вала смесителя, м; b – длина дуги конца лопасти, м; z – число лопастей, приходящихся на один шаг винта (для двухвального смесителя – удваивается); α – угол между плоскостью лопасти и плоскостью, нормальной к оси вала смесителя; $\alpha = 10 \dots 45^\circ$; n – число оборотов вала смесителя, об/мин; k_3 – коэффициент заполнения корпуса смесителя, $k_3 = 0,55 \dots 0,6$; k_B – коэффициент возврата массы, $k_B = 0,85 \dots 0,9$.

10.3. Машины и оборудование для приготовления асфальтобетонных смесей

Асфальтобетон применяется, главным образом, для устройства твердого покрытия автомобильных дорог, пешеходных зон, взлетно-посадочных полос и рулежных дорожек аэродромов. Асфальтобетон – это аморфный материал из гомогенизированной смеси битума, нескольких фракций щебня, песка и минерального порошка. Каждый из компонентов играет определенную роль в придании асфальтобетону свойств, делающих его пригодным для устройства твердых покрытий. Битум (натуральный или модифицированный) в качестве органического вяжущего склеивает между собой твердые компоненты смеси и исключает их относительные перемещения. Его получают при перегонке нефтепродуктов, химическим синтезом или добывают из естественных залежей асфальта и битуминозных пород. Использование щебня разных размеров и песка сокращает объем пустот в теле асфальтобетона и повышает его механическую прочность. Минеральный порошок снижает текучесть битума и его расход. Порошок получают размолотом известняков, доломитов, доменных шлаков, а также битуминозных известняков. Тонкость помола порошков достигает 0,071 мм. В ряде случаев в качестве минеральных порошков применяют порошкообразные отходы промышленности, такие как пыль уноса цементных заводов, золы уноса и т.п.

В зависимости от размера каменных частиц различают смеси крупнозернистые, с размером зерен до 40 мм, среднезернистые – до 25 мм, мелкозернистые – до 15 мм и песчаные – до 5 мм. Наиболее прочными, износостойкими и дорогими являются щебенистые смеси, которые применяются для устройства твердых покрытий автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения и взлетно-посадочных полос аэродромов.

Прочность и долговечность покрытий из гравийных смесей ниже, так как гладкая поверхность гравия уменьшает силы адгезии, удерживающие его частицы в асфальтобетоне. Наиболее дешевыми и наименее прочными являются песчаные смеси из природного песка, используемые для покрытия дорог с движением малой интенсивности, пешеходных зон и других мало или редко нагружаемых транспортных сооружений. Твердое покрытие автомобильной дороги для интенсивного движения устраивается из трех слоев: верхний слой, или слой износа, толщиной от 5 до 7 см, средний слой, или биндер, толщиной от 5 до 10 см и основание толщиной от 5 до 30 см. Толщина слоев зависит от типа используемой смеси и нагрузки, под которую

проектируется дорога. В ряде случаев поверхность асфальтобетонного покрытия дополнительно покрывают битумными эмульсиями, замедляющими его старение, повышающими водонепроницаемость и сцепные свойства. Сейчас все более широкое применение при ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий находят жидкие асфальтобетонные смеси (или литой асфальт), приготавливаемые на основе специальных сортов битума. Они не требуют выравнивания и уплотнения после укладки, позволяют точно совместить поверхности старого и уложенного покрытий и быстро застывают, позволяя открыть движение через короткое время.

В зависимости от температуры, при которой изготавливается асфальтобетонная смесь, различают горячие, теплые и холодные сорта. Температура свежеприготовленной горячей смеси составляет $140\ldots 160^{\circ}\text{C}$, теплой смеси – $110\ldots 130^{\circ}\text{C}$, холодной смеси – $90\ldots 110^{\circ}\text{C}$. Температура укладки горячей смеси должна быть не ниже 120°C , теплой – не ниже 60°C , холодной – не ниже 10°C . Плотность асфальтобетона колеблется от 1600 до 2000 кг/м^3 .

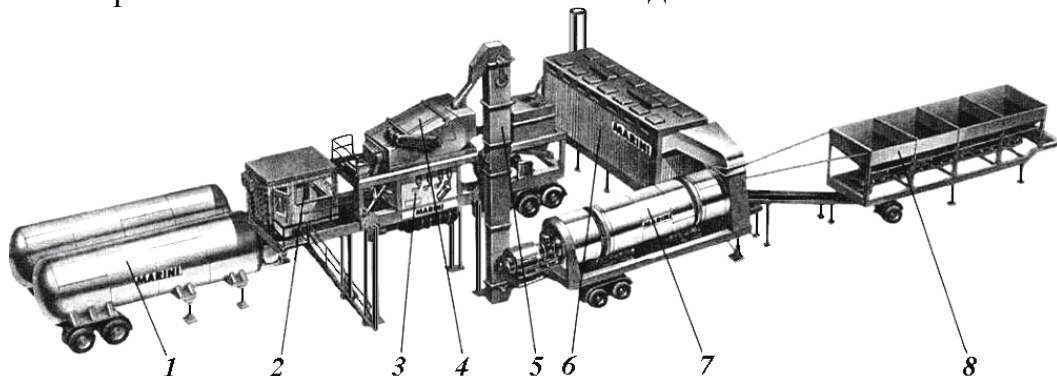


Рис. 10.13. Состав передвижного комплекта оборудования для приготовления асфальтобетонной смеси: 1 – битумохранилище; 2 – кабина управления; 3 – бункер готовой смеси; 4 – асфальтосмесительный агрегат; 5 – элеватор горячих материалов; 6 – сортировочный агрегат; 7 – сушильный агрегат; 8 – агрегат питания

Комплекты для приготовления асфальтобетонных смесей (рис. 10.13), состоят из отдельных автоматизированных агрегатов, осуществляющих одну или несколько операций технологического цикла приготовления смеси. Технология приготовления асфальтобетонной смеси предусматривает: нагрев битума, сушку и нагрев щебня и песка, сортировку нагретых щебня и песка на фракции по размеру зерен, дозировку битума, фракций щебня, песка и минерального порошка, перемешивание всех компонентов, хранение и отпуск готовой смеси. При использовании обводненного битума в этот перечень добавляется его обезвоживание перед нагревом. Асфальтосмесительные установки различают: по типу смесительного агрегата – на установки периодического и непрерывного действия; по компоновке – на установки партерные и башенные; по степени подвижности – на установки передвижные и стационарные.

Асфальтосмесительные установки периодического и непрерывного действия отличаются устройством и ритмом работы дозирующих и перемешивающих агрегатов. Агрегаты хранения и нагрева битума, хранения,

нагрева и сушки каменных материалов и обслуживающие их механизмы в обоих типах установок одинаковы и работают в непрерывном режиме.

В асфальтосмесительных установках партерного типа все агрегаты и вспомогательные механизмы расположены внизу. При этом компоненты смеси, проходя технологический цикл, несколько раз поднимаются от одного агрегата к другому, требуя затрат энергии на перемещения, а нагретые материалы остывают, ухудшая условия приготовления смеси. Однако партерная компоновка позволяет устанавливать агрегаты менее мощными грузоподъемными средствами, без устройства сложных фундаментов и в более короткие сроки.

В башенных установках сортирующий, дозирующий и смесительный агрегаты расположены один над другим на перекрытиях 3- или 4-этажной каркасной конструкции, по которой и получили свое название. Компоненты смеси поднимаются наверх башни к сортирующим агрегатам, откуда самотеком двигаются вниз, не требуя затрат энергии.

Асфальтосмесительные установки башенного типа занимают относительно небольшую площадь, но более сложны в обслуживании и ремонте, а при монтаже, демонтаже и замене агрегатов требуют применения высотных грузоподъемных механизмов большой грузоподъемности. Как правило, установки непрерывного действия komponуются по партерной схеме, а периодического – по башенной.

Стационарные асфальтосмесительные установки предназначены для оборудования постоянно действующих или редко перебазированных асфальтобетонных заводов, ориентированных на удовлетворение регулярного спроса на асфальтобетон, существующего в районе базирования. Агрегаты стационарных установок перевозятся трейлерами общего назначения и монтируются на фундаментах с помощью инвентарных и привлекаемых со стороны обычных грузоподъемных средств.

Передвижные асфальтосмесительные установки рассчитаны на неоднократную смену мест базирования, поэтому их агрегаты монтируются на прицепных и полуприцепных колесных шасси, приспособленных для быстрого разворачивания установки в рабочее положение и свертывания – в транспортное, и оборудованных для этого необходимыми грузоподъемными и монтажными приспособлениями.

Часовую производительность асфальтосмесительной установки периодического действия ($\Pi_{п.д}$) можно рассчитать по формуле:

$$\Pi_{п.д} = \frac{0,06Q_{зам}k_v}{t_{заг} + t'_{пер} + t_{выг}},$$

где $Q_{зам}$ – масса одного замеса; k_v – коэффициент использования времени смены; $t_{заг}$ – время загрузки смесителя компонентами смеси; $t'_{пер}$ – время перемешивания ($t'_{пер} = 0,0083...0,0208$ ч); $t_{выг}$ – время выгрузки готовой смеси.

Часовую производительность асфальтосмесительной установки непрерывного действия ($\Pi_{н.д}$) можно рассчитать по формуле:

$$\Pi_{\text{н.д}} = \frac{0,06Q_{\text{см}}k_{\text{в}}}{t''_{\text{пер}}},$$

где $Q_{\text{см}}$ – масса смеси, помещающейся в смесителе; $k_{\text{в}}$ – коэффициент использования времени смены; $t''_{\text{пер}}$ – продолжительность перемешивания ($t''_{\text{пер}} = 0,025 \dots 0,05$ ч).

Технологический процесс приготовления асфальтобетонной смеси предусматривает существование трех синхронно действующих линий подготовки ее компонентов. Линия подготовки битума обеспечивает хранение его запаса, нагрев до состояния текучести, обезвоживание, нагрев до рабочей температуры и подачу на дозирование. Линия подготовки каменных материалов обеспечивает хранение запаса щебня и песка, предварительную дозировку их по фракциям, подачу для сушки и нагрева, сушку и нагрев, подачу горячих щебня и песка на сортировку и сортировку на фракции. Линия подготовки минерального порошка обеспечивает его хранение и подачу на дозирование. Все три линии подготовки заканчиваются у смесительного агрегата, дозирующего и перемешивающего компоненты и отгружающего готовую смесь.

Линия подготовки битума состоит из битумохранилища, нагревателей, перекачивающих насосов, битумоплавильни, трубопроводов, вентилей и кранов, теплоизолированных или с рубашками обогрева.

Битумохранилища бывают временными и стационарными, подразделяющимися на подземные, полуподземные и наземные. Открытые хранилища оборудуются навесами, предохраняющими битум от обводнения. При нормальной температуре битум обладает высокой вязкостью и способностью прилипать к любым посторонним предметам, что затрудняет отбор из хранилища части битумной массы и ее транспортировку. Эту проблему решают, доводя битум нагревом до жидкого состояния.

Существуют битумохранилища с общим и местным подогревом (рис. 10.14). В битумохранилищах с общим подогревом битум разогревается донными нагревателями и стекает в приямок, откуда откачивается шестеренными насосами. В битумохранилищах с местным подогревом битум нагревается нагревательными устройствами, опускающимися на поверхность битума, в окружающем их небольшом объеме, откуда и откачивается. Преимущества местного разогрева: отбор из хранилища чистого битума из верхних слоев (вода и другие примеси скапливаются на дне); экономичность и сокращение времени на запуск установки, так как разогревается только битум, прилегающий к нагревателю; простота обслуживания и ремонта нагревателей, которые в любой момент могут быть извлечены из битума.

Для нагрева битума используются перегретый пар, горячая вода, органические и синтетические теплоносители, газовые, инфракрасные и термоэлектрические нагреватели. Каждый из этих способов нагрева имеет преимущества и недостатки, и выбор одного из них должен опираться на анализ технико-экономических возможностей конкретного предприятия.

Обезвоживание и нагрев битума до рабочей температуры $150...180^{\circ}\text{C}$ производится в битумоплавильнях и нагревателях-циркуляторах. Битум нагревается до температуры испарения воды и в испарительных камерах освобождается от водяного пара, удаляемого из нагревателя. Обезвоженный битум нагревается до рабочей температуры, после чего часть его направляется в смесительный агрегат, а часть циркулирует внутри битумоплавильни, сохраняя свою температуру и помогая нагревать свежие порции битума. Излишки битума от дозатора смесительного агрегата по дренажному трубопроводу возвращаются в битумонагревательный агрегат. Циркуляцию битума по всем агрегатам линии его подготовки обеспечивают шестеренные насосы.

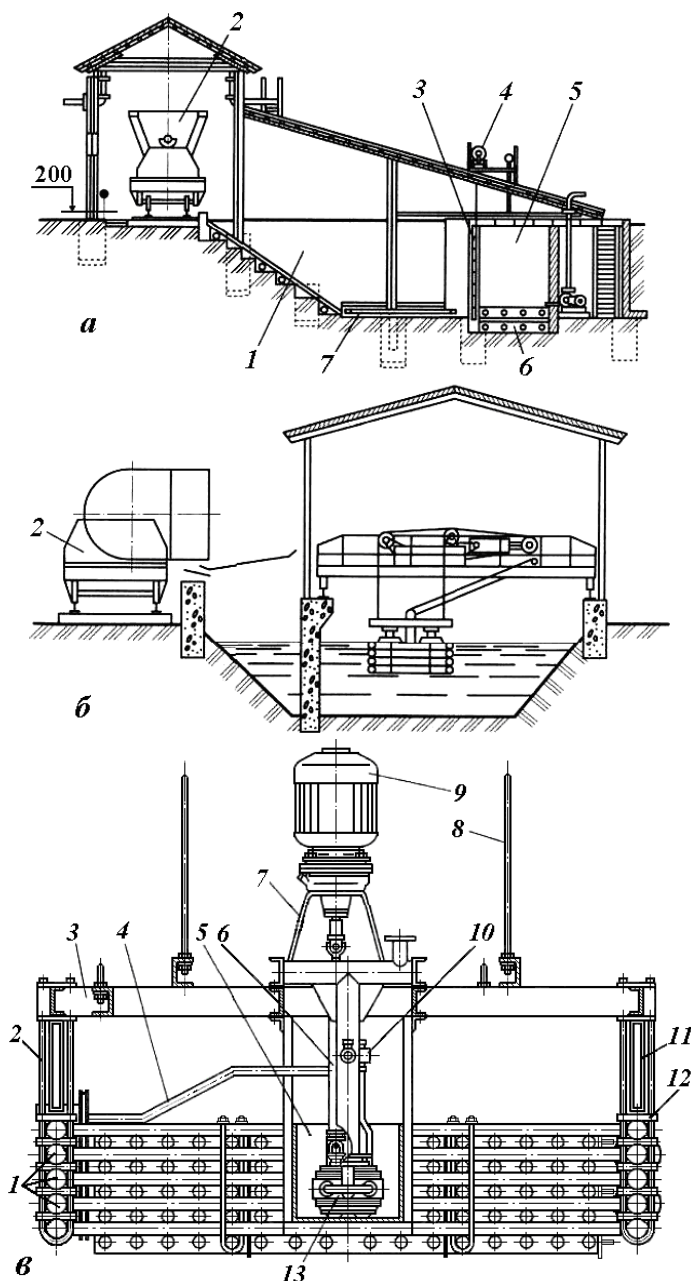


Рис. 10.14. Схемы битумохранилищ:

а – с общим подогревом; *б* – с местным подогревом; 1 – камера первичного подогрева; 2 – битумовозный полувагон; 3 – задвижка; 4 – лебедка; 5 – камера вторичного подогрева; 6, 7 – подогреватели; *в* – погружаемый нагревательно-перекачивающий агрегат для местного разогрева битума: 1 – трубчатые теплообменники; 2 –

хомут крепления теплообменного регистра к раме; 3 – рама; 4 – патрубок подвода теплоносителя к теплообменнику; 5 – короб-сборник разжиженного битума; 6 – привод насоса; 7 – монтажная опора электродвигателя;

8 – крюк для подъема агрегата; 9 – электродвигатель; 10 – отводящий патрубок; 11 – промежуточная опора; 12 – прокладка; 13 – битумный шестеренный насос

Линия подготовки каменных материалов состоит из агрегата питания, сушильного агрегата, многоковшового элеватора для горячих материалов и сортировочного устройства.

Агрегат питания включает в себя несколько секций, по одной для каждой фракции щебня или песка, и собирающего конвейера. Секции заполняются со склада холодных сыпучих материалов, подаваемых погрузочными машинами, или самотеком. Количество секций зависит от числа фракций каменных материалов, предусмотренных технологией приготовления асфальтобетонной смеси, и обычно колеблется в пределах от 3 до 6.

Секция состоит из расходного бункера с наклонными, сходящимися к низу стенками, вместимостью от 4 до 10 м³, оборудованного сводообрушителем и питателем. Сводообрушитель применяется для разрушения устойчивых статических сводов, часто прерывающих истечение сыпучих материалов из конических и пирамидальных бункеров. Сводообрушитель представляет собой вибратор, крепящийся к боковой стенке бункера и включаемый вручную или автоматически, по мере необходимости или через определенные промежутки времени.

Лотковые электровибрационные и ленточные питатели устанавливаются под выходным отверстием бункера и служат для предварительного дозирования материала, истекающего из бункера. Лотковые электровибрационные питатели представляют собой металлический лоток с прикрепленным к нему электромагнитным вибратором, наклонно подвешенным под выходным отверстием бункера. Благодаря наклону лоток при каждом импульсе вибратора перебрасывает находящийся на нем материал вперед к открытой кромке. При выключении вибратора лоток препятствует произвольному истечению материала из бункера. Производительность электромагнитного питателя регулируется частотой колебаний и углом наклона лотка.

Ленточные питатели представляют собой короткие ленточные конвейеры, установленные под выходным отверстием бункера. Дозируемый материал, толщина слоя которого на ленте регулируется шиберной заслонкой, транспортируется от выпускного отверстия к разгрузочному барабану питателя, освобождая место для новых поступлений.

Производительность ленточного питателя регулируется толщиной слоя материала на ленте и скоростью ленты. Из-за низкой износостойкости резиноканевых конвейерных лент ленточные питатели используются, главным образом, для дозирования песка и мелких фракций щебня.

Собирающий ленточный конвейер проходит подо всеми бункерами агрегата питания и подает каменные материалы от питателей к наклонному ленточному конвейеру, транспортирующему их в сушильный агрегат для полного удаления поверхностной и гигроскопической влаги из каменных

материалов и нагрева их до температуры приготовления смеси. Он состоит из сушильного барабана, топочного устройства и газоотводящей системы.

Сушильный барабан представляет собой стальной цилиндр, опирающийся бандажами на опорные ролики и установленный под углом $3...5^\circ$ к горизонту. От осевого смещения его удерживают упорные ролики, упирающиеся в торцевые поверхности бандажей, которые крепятся к цилиндрической стенке барабана на листовых рессорах, компенсирующих деформации нагреваемой стенки. Барабан вращается либо фрикционной передачей, ведущий шкив которой прижимается к одному из бандажей, либо зубчатой передачей, шестерня которой передает момент на зубчатое колесо, охватывающее барабан, непосредственно или через цепь.

Верхний конец барабана закрыт загрузочной коробкой, через которую в барабан загружаются каменные материалы и отводятся дымовые газы и пыль. Нижний конец барабана закрыт разгрузочной коробкой, в которую выгружается нагретый каменный материал и через торец которой в барабан поступают из топки раскаленные продукты сгорания.

Между вращающимися стенками барабана и загрузочной и разгрузочной коробками устроены лабиринтные уплотнения, не позволяющие газам из барабана прорываться в атмосферу. Сушка и нагрев материала происходит при его непосредственном контакте с горячими газами, за счет теплового излучения факела форсунки и в результате передачи тепла от более нагретых лопастей и стенки барабана.

К внутренней поверхности барабана прикреплены лопасти трех типов, перемешивающие материал и обеспечивающие его движение к разгрузочной коробке. У загрузочного конца установлены приемно-откидные лопасти, откидывающие каменный материал от загрузочного люка, в средней части барабана установлены подъемные лопасти, перемешивающие материал, чтобы обеспечить продолжительный контакт каждой частицы с раскаленными газами, в конце барабана установлены разгрузочные лопасти, эвакуирующие материал через разгрузочную коробку.

Топочное устройство сушильного агрегата предназначено для получения внутри сушильного барабана высокой температуры, необходимой для сушки и нагрева каменных материалов. В качестве топлива может применяться мазут, который необходимо предварительно нагреть до 95°C , или природный газ. Жидкое топливо совместно с атмосферным воздухом, нагнетаемым дутьевым насосом, подается в форсунку, где, распыляясь, образует топливо-воздушную смесь, попадающую в зажигательный конус. Здесь смесь при розжиге топki поджигается, после чего процесс горения стабилизируется. Процесс горения контролируется фотодиодом, и при исчезновении пламени подача топлива автоматически прекращается.

В зажигательном конусе формируется факел горящих газов, догорающий в топке, и в барабан попадает струя раскаленных продуктов сгорания. Чем большая часть тепла этой струи перейдет к каменным материалам, тем более эффективным и экономичным будет процесс их сушки и нагрева. Для уменьшения тепловых потерь и предохранения металлических корпусных деталей

от прогорания внутренние поверхности зажигательного конуса и топки футерованы листовым асбестом и поверх – огнеупорным кирпичом.

Борьба с пылью, образующейся при подготовке каменных материалов – одна из основных экологических проблем, сопровождающих работу асфальтосмесительных установок. Перемешивание нагретых каменных материалов в сушильном барабане сопровождается интенсивным образованием пыли, которая выносится из барабана потоком дымовых газов. Сортировка и дозирование щебня и песка также сопровождаются пылением.

Для предотвращения попадания пыли в атмосферу сортировочные и дозирующие установки закрываются кожухами, под которыми создается разрежение в 0,1... 0,15 бар. Из сушильного барабана дымовые газы и пыль отсасываются через загрузочный короб. Потоки газопылевой смеси направляются в пылеулавливающие устройства: сухой очистки – циклоны (рис. 10.15) и мокрой очистки – циклоны-промыватели и барботажно-вихревые установки.

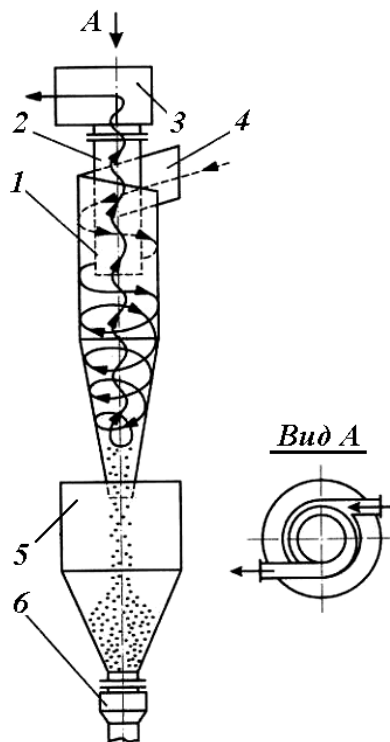


Рис. 10.15. Схема циклона сухой очистки:

1 – корпус; 2 – центральная труба; 3 – газовыводящая улитка; 4 – входной патрубок; 5 – приемный бункер; 6 – пылеотводящее устройство

Циклон представляет собой вертикальный полый цилиндр с коническим сужением внизу. По оси цилиндра проходит труба меньшего диаметра, с открытыми торцами, не достигающая до нижнего края циклона и проходящая насквозь его верхнюю глухую крышку. Пылегазовая смесь входит в циклон по касательной у его верхнего края со скоростью до 20 м/с и движется по спирали вниз. Пылевые частицы прижимаются центробежными силами к стенкам циклона, тормозятся о них и, отрываясь от потока газа, падают в пылесборник. Газ доходит до нижнего края центральной трубы и по ней отсасывается в атмосферу. Циклон осаждает до 98 % частиц пыли размером 10 мкм и более. Эффективность циклона возрастает с уменьшением его диаметра, но это

сопровождается падением его производительности из-за роста внутренних сопротивлений. Проблему решают, объединяя несколько небольших циклонов в батарее, обеспечивающие высокую степень очистки при высокой и регулируемой (отключением и подключением части циклонов) производительности.

Сухая очистка отходящих газов может производиться в рукавных фильтрах. Пыль задерживается специальной тканью рукавов, в которые подаются очищаемые газы. Воздух проходит через ткань наружу, а пыль остается в рукавах, которые регулярно встряхиваются специальным механизмом, и пыль, собравшаяся на их внутренней поверхности, осыпается вниз, откуда выносятся шнековыми конвейерами.

Частицы пыли размером менее 10 мкм осаждают мокрыми методами очистки. В циклонах-промывателях пыль сначала намочает при распылении воды в потоке газопылевой смеси, а затем осаждается центробежными силами на смоченные стенки корпуса циклона, откуда смывается в сборник. В барботажно-вихревых установках газопылевой поток проходит из входной камеры в выходную по расположенным под водой каналам. В них пыль намочает и оседает на дно ванны с водой, откуда убирается скребковым конвейером. При этом часть газов растворяется в воде, образуя серную кислоту, провоцирующую ускоренную коррозию металлических деталей. Во избежание этого внутренние детали установки покрываются кислотоустойчивой эмалью, а сам раствор раскисляют гашеной известью. Барботажно-вихревые установки осаждают до 90% частиц размером от 1 до 10 мкм и 99,5% частиц размером более 10 мкм. Проблема, возникающая при применении методов мокрой очистки, состоит в необходимости захоронения или утилизации шлама, представляющего экологически опасную субстанцию.

Многоковшовый элеватор горячих материалов транспортирует горячий щебень и песок от сушильного барабана к сортировочному агрегату. Элеватор установлен под углом 70... 90° к горизонту и закрыт сплошным теплоизолированным кожухом, из-под которого воздух отсасывается в пылеулавливающие устройства. Его металлические ковши крепятся к пластинчатой втулочно-роликовой цепи, обегаящей нижнюю натяжную и верхнюю ведущую звездочки. Цепь работает при высокой температуре в абразивной среде, поэтому требования к ее износостойкости весьма высоки.

Сортировочные устройства разделяют просушенные и нагретые каменные материалы на отдельные фракции. Благодаря предварительному дозированию объем каждой из фракций примерно соответствует рецептуре смеси, поэтому окончательная сортировка практически не создает проблемы хранения или возврата излишнего количества материала той или иной фракции.

Сортировочный агрегат состоит из многосекционного грохота и бункера-накопителя с отсеками по числу фракций каменных материалов. Как правило, в асфальтосмесительных установках используются плоские вибрационные или гирационные грохоты с тремя ситами, установленными по комбинированной схеме. Бункер-накопитель под такой грохот разделен на 4 секции: для песка, двух фракций щебня и негабаритных кусков.

Линия подготовки минерального порошка состоит из агрегата минерального порошка, включающего в себя один или несколько резервуаров для приема и хранения порошка, шнековые и многоковшовые элеваторы для его транспортировки, ссыпной лоток для распределения и компрессор для подачи сжатого воздуха при перекачке порошка.

В качестве резервуаров в стационарных агрегатах используются силосные башни с конической сужающейся нижней частью, в устье которой установлен затвор и шнековый конвейер, подающий порошок из силоса к вертикальному многоковшовому элеватору, ссыпавшему порошок в лоток. Из лотка порошок по необходимости либо возвращается в силос, либо шнековым конвейером транспортируется в дозатор смесительного агрегата.

Загрузка силоса производится через загрузочный трубопровод закачкой азрированного порошка из железнодорожных или автоцистерн в верхнюю часть силоса. Воздух, поступающий в силос вместе с порошком, очищается рукавным матерчатым фильтром, установленным в крышке силоса, и выбрасывается в атмосферу. Непрерывная циркуляция минерального порошка, а также азрирование порошка в устье силоса предотвращают его слеживание и сводообразование, способные нарушить работу всей установки.

В составе передвижных асфальтосмесительных установок в качестве агрегата минерального порошка используют полуприцепы-цистерны, в том числе и предназначенные для перевозки и хранения цемента. Цистерна устанавливается под углом 7° к горизонту и комплектуется компрессорно-вакуумным насосом. По дну цистерны проложено азрационное устройство, насыщающее порошок сжатым воздухом, благодаря чему он стекает к разгрузочному устройству, расположенному внизу заднего торца цистерны. В центре заднего торца цистерны вварен загрузочный патрубок, по которому азрированный порошок поступает извне в распределительную трубу, проложенную под сводом резервуара. При загрузке порошка в цистерне создается разрежение, при выгрузке – избыточное давление. Воздух из цистерны проходит двухступенчатую очистку до входа в насос, а воздух, подаваемый в цистерну, нагнетается насосом через влагомаслоотделитель.

Битум, щебень, песок и минеральный порошок, пройдя все стадии предварительной обработки и готовые для перемешивания, подаются в смесительный агрегат.

Смесительный агрегат состоит из весовых и объемных дозаторов и смесителя. Объемные дозаторы проще и надежнее весовых. Они обеспечивают точность дозирования не менее 5% по массе для каменных материалов и порошка и 1,5% по массе для битума. Весовые механизмы дозатора гораздо сложнее и обеспечивают точность дозирования до 3% по массе для каменных материалов и порошка и 1,5% по массе для битума. Смесители непрерывного действия комплектуются дозаторами непрерывного действия, а смесители периодического действия комплектуются порционными дозаторами.

Автоматические дозаторы битума непрерывного действия работают по принципу объемного дозирования и состоят из фильтра, дозирующего шестеренного насоса переменной производительности с приводом, поршневого

счетчика, битумных кранов, трубопроводов и распределительной трубы. Все узлы дозатора оборудованы теплообменными рубашками, по которым циркулирует теплоноситель, поддерживающий рабочую температуру битума. Дозатор очищает битум, отмеряет его объем, соответствующий рецептуре смеси и производительности смесителя, и через распределительную трубу распыляет по всей ширине смесителя.

Весовые порционные дозаторы битума состоят из мерной емкости, соединенной рычажно-весовым механизмом с циферблатным указателем, контролирующим массу битума в мерной емкости, автоматически прекращающим его подачу при достижении заданной величины и открывающим кран слива битума в смеситель. После опорожнения мерной емкости сливной кран закрывается, и цикл дозирования повторяется снова. В объемных порционных дозаторах битума поплавкового типа количество битума в мерной емкости контролируется поплавком, с которым соединен исполнительный механизм, включающий и выключающий краны заправочных и сливных магистралей.

В наиболее простом механизме (рис. 10.16) тросик через систему блоков соединяет поплавок с контргрузом,двигающимся в направляющей трубе и включающим и выключающим конечные выключатели, встроенные в цепь управления кранами. В объемных порционных дозаторах-расходомерах битум из нагревателя прокачивается через фильтр в расходомер и затем - в смеситель. При достижении заданного объема дозирования блок управления дозатором перекрывает подачу битума в смеситель и направляет его поток обратно в битумонагреватель.

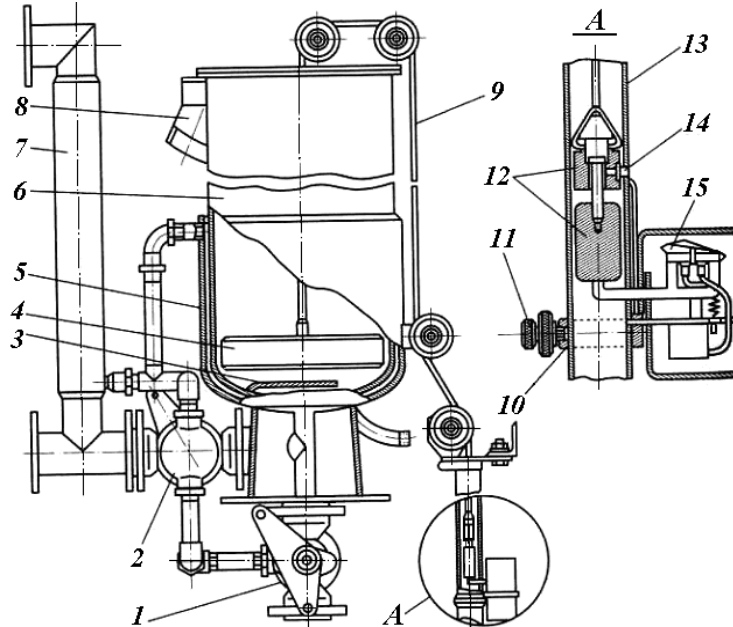


Рис. 10.16. Схема объемного дозатора битума:

1, 2 – сливной и наполнительный краны; 3 – отражатель; 4 – поплавок; 5 – теплообменная рубашка; 6 – мерный бачок; 7, 8 – наполнительный и сливной патрубки; 9 – канатик; 10 – кронштейн; 11 – винт-фиксатор конечного выключателя; 12 – контргрузы; 13 – шкала; 14 – подвижная стрелка, закрепленная на контргрузе; 15 – конечный выключатель

Для дозирования горячего песка и щебня в асфальтосмесительных установках непрерывного действия, как правило, применяются объемные дозаторы, а для минерального порошка – и объемные, и весовые. Из объемных

дозаторов наиболее распространены кареточные питатели, представляющие собой бункер, заполняющийся из бункера-накопителя сортировочного устройства. Вместо одной из боковых стенок у бункера дозатора есть разгрузочный люк, закрываемый секторным затвором и соединенный с загрузочным люком смесителя. Дно бункеру заменяет каретка на опорных роликах, совершающая независимо от бункера возвратно-поступательные движения благодаря приводу от эксцентрикового вала. При движении каретка стремится сбросить лежащий на ней материал в разгрузочный люк. Производительность дозатора зависит от количества материала, выгружаемого кареткой из бункера за двойной ход и регулируемой степенью открытия секторного затвора.

Весовой дозатор непрерывного дозирования минерального порошка – это короткий ленточный конвейер, одна из опор которого соединена с весами. Сигналы от весов поступают в блок управления, контролирующий и регулирующий массу порошка на ленте конвейера. Производительность дозатора определяется количеством порошка, подаваемого на ленту, и скоростью ленты.

Весовые порционные дозаторы используются для дозирования песка, щебня и минерального порошка в асфальтосмесительных установках периодического действия. Один из возможных вариантов конструкции весового порционного дозатора состоит из большего весового бункера для песка и щебня и меньшего весового бункера для минерального порошка. Каждый из бункеров связан через рычажный весовой механизм с циферблатным указателем, контролирующим массу фракций материала в бункере.

Весовой бункер каменных материалов заполняется из отсеков бункера сортировочного агрегата, с которыми он связан мягкими рукавами, предотвращающими пыление и просыпание материала. Затвор отсека бункера-накопителя автоматически открывается после закрытия затвора предыдущего отсека и закрывается, когда вес фракции материала в весовом бункере достигнет заданной величины. Минеральный порошок дозируется параллельно. После заполнения весовых бункеров всеми фракциями песка, щебня и минерального порошка затвор весового бункера открывается, и компоненты смеси загружаются в смеситель.

Смесители, используемые для приготовления асфальтобетонной смеси, относятся к двухвальным лопастным, периодического и непрерывного действия. При любом конструктивном исполнении асфальтобетонные смесители проектируются по единой схеме.

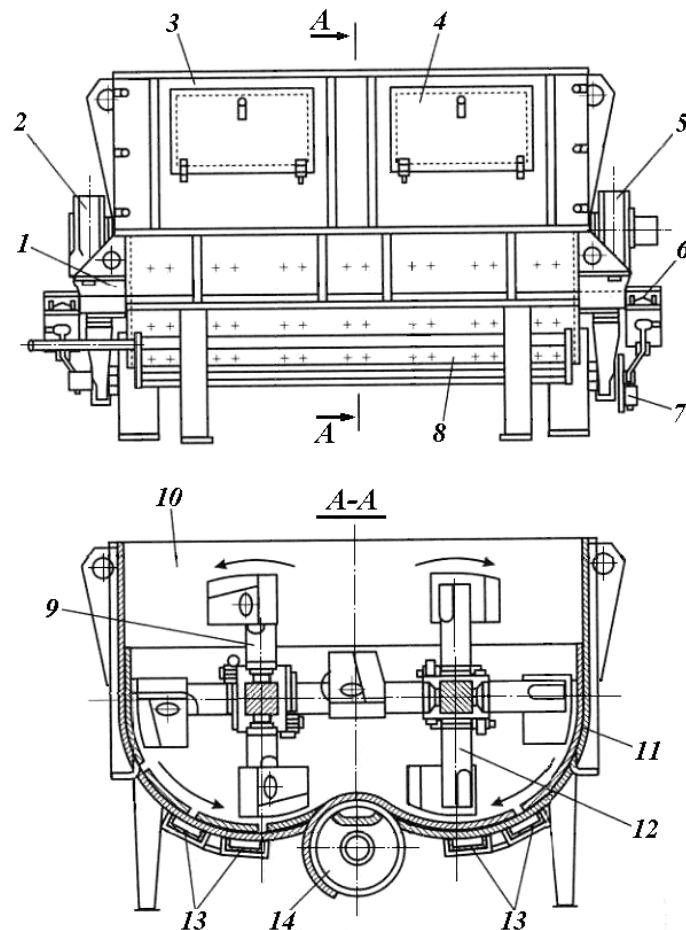


Рис. 10.17. Лопастной асфальтосмеситель периодического действия:

1 - рама; 2, 5 - корпуса подшипников; 3, 10 - соответственно боковая и торцевая стенки; 4 - крышка; 6 - пневмоцилиндр управления затвором; 7 - конечный выключатель; 8 - корпус; 9, 12 - лопастной вал; 11 - футеровка; 13 - теплообменные рубашки; 14 - секторный затвор

Двухвальный лопастной смеситель периодического действия (рис. 10.17)

состоит из корпуса с установленными в нем лопастными валами и охватывающей его горизонтальной прямоугольной рамы. С торцов корпуса на раме установлены опоры лопастных валов со сферическими подшипниками. Стенки корпуса начинаются на уровне осей валов, и их верхние кромки поднимаются над краями лопаток вращающихся валов. Днище смесителя, начинающееся ниже уровня осей валов, образовано двумя симметричными полуцилиндрами, сопряженными по образующей. Внутренняя поверхность корпуса футерована плитами из износостойкой марганцовистой стали или белого чугуна. Снаружи корпус окружен теплообменной рубашкой, в которую подается теплоноситель, поддерживающий температуру смеси. Готовая смесь выгружается через донный люк с секторным затвором, управляемым пневмоцилиндром. Лопастной вал представляет собой брус квадратного сечения, к которому крепятся лопасти, состоящие из кронштейнов с лопатками на концах. Лопасти крепятся к валу попарно, чтобы уравновешивать друг друга на большой скорости. Соседние по валу лопасти повернуты относительно друг друга на 90° , а лопатки повернуты под 45° к оси вала. Лопатки, как и футеровка корпуса, изготавливаются из легированных никелем или марганцем сталей или из белого чугуна. Под кронштейны лопастей на вал устанавливаются закладные

детали, меняя которые можно регулировать зазор между днищем и лопатками по мере их износа.

Рабочие поверхности лопаток одного вала образуют прерывистую винтовую линию, поэтому смешиваемый материал перемещается не только в плоскости вращения лопастей, но и вдоль оси смесителя. Меняя ориентацию лопаток, можно задавать поточно-контурную схему движения смеси (движение по периметру корпуса) или противоточную (движение от торцов корпуса к середине). Кроме того, смесь перемещается лопатками по днищу, подбрасывается вверх, образуя «кипящий слой», легко смачиваемый битумом, перебрасывается из одной половины смесителя в другую и обратно. Это интенсифицирует процесс перемешивания, улучшает качество смеси и повышает производительность смесителя. Привод смесителя осуществляется от электродвигателя или гидромотора через редуктор и зубчатую передачу между валами, которая обеспечивает синхронность и встречное направление вращения валов.

Смеситель непрерывного действия состоит из сварной рамы, на которой установлен корпус смесителя с двумя горизонтальными лопастными валами, их приводом и выгрузным бункером. Геометрия корпуса аналогична геометрии смесителей периодического действия, но сам корпус значительно длиннее, чтобы времени прохождения по нему смеси хватило для хорошего ее перемешивания.

Лопатки лопастей установлены так, чтобы смесь интенсивно двигалась в поперечной плоскости, переходя от одного вала к другому, и медленно смещалась в осевом направлении. Для увеличения времени перемешивания часть лопаток разворачивают на 180° , в результате чего они толкают смесь обратно к загрузочному люку и снижают скорость всего потока. Выгрузной бункер расположен в разгрузочном торце смесителя и конструктивно является его продолжением. При отсутствии транспортных средств затвор бункера закрыт, и смесь накапливается в нем. При открытом затворе смесь, не задерживаясь в бункере, выгружается в транспортные средства.

Бункера готовой смеси обеспечивают ритмичную работу асфальтосмесительной установки при отсутствии транспорта, при профилактических остановках оборудования и в 15... 20 раз сокращают время загрузки транспортных средств. Смесь подается в бункер скиповым подъемником с канатно-блочным приводом. Ковш подъемника опирается на ролики, перекачивающиеся по направляющим швеллерам, и в крайних положениях останавливается конечными выключателями.

В зависимости от количества сортов смеси, изготавливаемого на асфальтосмесительной установке, используют 1-, 2- или 3-секционные бункера готовой смеси. Каждая из секций имеет свой загрузочный люк, к которому смесь от скипового подъемника направляется перекидным лотком, и разгрузочный люк с завором. Термоизоляция смеси в бункере обеспечивается его двойными стенками с воздушным зазором между ними. Кроме того, к стенкам бункера крепятся трубчатые электронагреватели, что увеличивает время хранения смеси до 1,5... 2,5 ч.

Г л а в а 11

Машины и оборудование для изготовления железобетонных конструкций

Железобетон является и остается на обозримое будущее основным строительным материалом, который составляет ~70% от общего объема строительных материалов. В настоящее время доля крупнопанельного домостроения составляет ~15% от общего объема строительства. В основном сооружаются кирпично-монолитные, кирпичные и монолитные здания. Но даже при возведении кирпичных зданий необходимы железобетонные сваи, фундаменты, перекрытия, лестничные марши, балконные плиты и другие железобетонные конструкции (ЖБК). Считается, что тенденция, направленная на увеличение объемов строительства из монолитного железобетона, экономически оправданна, т.к. имеется мнение, что стоимость монолитных сооружений в 1,4 раза ниже сборных. Это привело к закрытию многих заводов железобетонных изделий (ЖБИ), или превращению их в бетоносмесительные заводы. Полагают, что при строительстве зданий из монолитного бетона уменьшаются транспортные расходы, а современный уровень развития строительных машин и оборудования обеспечивает высокую степень комплексной механизации работ при возведении монолитных конструкций. Но более высокие темпы строительства достигаются при возведении зданий из сборного железобетона, которое эффективно при небольших расстояниях транспортировки сборных железобетонных изделий и конструкций и при удовлетворительном состоянии дорог. В последнее время ставится вопрос об увеличении выпуска сборного железобетона и возрождению заводов ЖБИ, что может ускорить решение жилищной проблемы.

11.1. Арматура ЖБК и арматурные работы в строительстве

Бетон, являющийся искусственным камнем, неудовлетворительно работает на растяжение и изгиб. Арматура ЖБК воспринимает растягивающие нагрузки и служит для повышения несущей способности и устойчивости ЖБК как общей, так и местной в ее элементах. Из-за близости коэффициентов линейного расширения бетона и стали, а также высокой прочности и относительно небольшой стоимости арматура выполняется стальной за очень редким исключением фибры некоторых видов.

Арматура и ее качество определяют такие критерии эффективности ЖБК как: 1) надежность (прочность, трещиностойкость, долговечность, огнестойкость, сейсмостойкость и др., которые зависят не только от технологии изготовления ЖБК); 2) технологичность изготовления сборной или возведения монолитной ЖБК (удобство сборки арматурных каркасов, заполняемость бетонной смесью полостей форм или опалубки, удобство монтажа сборных

зданий и сооружений, зависящее от конструкции и качества закладных монтажных элементов).

Арматура ЖБК – неотъемлемая составная часть ЖБК, а на стройплощадки или в формовочные цеха доставляются *арматурные изделия* (АИ), изготовленные в арматурных цехах или на арматурных заводах из *арматурной стали* (АС).

С целями повышения эффективности ЖБК, исключения трещинообразования, снижения расхода АС широко применяются предварительно напряженные конструкции (с предварительным или последующим натяжением арматуры). В растянутых зонах наиболее эффективно использовать напряженную арматуру, которая вызывает в бетоне напряжения сжатия, уменьшающиеся под воздействием веса ЖБК и нагрузки на нее, и исключает растяжение бетона. В сжатых зонах арматура служит для распределения основных и восприятия местных нагрузок, сохранение устойчивости, особенно в тонкостенных элементах. Наиболее рационально материал используется в тонкостенных пространственных конструкциях. Бетон, являющийся несущим в сжатых зонах и матрицей для арматуры, выполняет также функцию защиты ее от коррозии, что требует определенной толщины защитного слоя бетона и высокого качества уплотнения бетонной смеси.

Арматура в железобетонных конструкциях подразделяется на виды в зависимости от ее функций:

- 1) рабочая арматура воспринимает продольные, в основном, растягивающие нагрузки;
- 2) распределительная арматура воспринимает местные нагрузки и распределяет их по объему ЖБК, сохраняет устойчивость тонкостенных элементов ЖБК;
- 3) закладные части служат для соединения ЖБК в сборную конструкцию, или воспринимают монтажные нагрузки.

Развитие видов арматурных сталей определялось ростом объемов использования ЖБК в строительстве и стремлением снизить удельный расход стали на арматуру; оно шло по пути повышения прочности и выносливости арматурных сталей и улучшения сцепления их с бетоном. Уже в начале 50-х гг. XX в. начался выпуск стержней повышенной прочности с периодическим профилем (Ст 5, А-II); затем появились низколегированные стали (А-III и А-IV), проволока (В-I), высокопрочная проволока (В-II), а позже – проволока с периодическим профилем (Вр-I и Вр-II). Широко внедрялись термоупрочненные стали. В большинстве экономически развитых стран переходят от горячекатаных арматурных сталей с $\sigma_T = 390 \dots 420$ МПа к сталям, упрочненным термомеханически в потоке проката с σ_T не менее 500 МПа (Австрия, Германия, Нидерланды) и 550...600 МПа (США, Венгрия, Индия). В 80-е гг. в СССР начали применять стали кл. Ат-IVс, Ат-IVк с $\sigma_T \geq 590$ МПа и упрочненную вытяжкой А-IIIв с $\sigma_T \geq 540$ МПа.

В ГОСТ 13840-68 (Канаты стальные арматурные 1х7) и в ГОСТ 7348-81 (Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно-

напряженных ЖБК) внесены требования низкотемпературного отпуска и стабилизации. Планировалось выполнение стабилизации арматурных канатов и проволоки Вр-II.

До недавнего времени для производства железобетонных изделий использовали и в настоящее время продолжают использовать арматурную сталь различных видов и назначения. Стержневую арматурную сталь изготавливают диаметром 6...40 мм классов А-I...А-V (ГОСТ 5781–82, рис. 11.1, а, б, в), а термомеханически упрочненную сталь – диаметром 10...40 мм классов Ат-IV...Ат-VII (ГОСТ 10884–94, рис. 11.1, б). В зависимости от класса и диаметра стержней их изготавливают из углеродистой или низколегированной стали. Арматурная сталь класса А-I имеет круглую гладкую поверхность, а сталь остальных классов – поверхность периодического профиля. Сталь периодического профиля (по ГОСТ 5781–82) представляет собой стержни с двумя продольными ребрами и поперечными выступами, идущими по трехзаходной винтовой линии. Сталь класса А-II имеет выступы, идущие по винтовым линиям с одинаковым заходом по обеим сторонам стержня, а сталь классов А-III, А-IV и А-V и классов Ат-IV...Ат-VII – выступы, идущие по винтовым линиям, имеющим с одной стороны правый, а с другой – левый заходы.

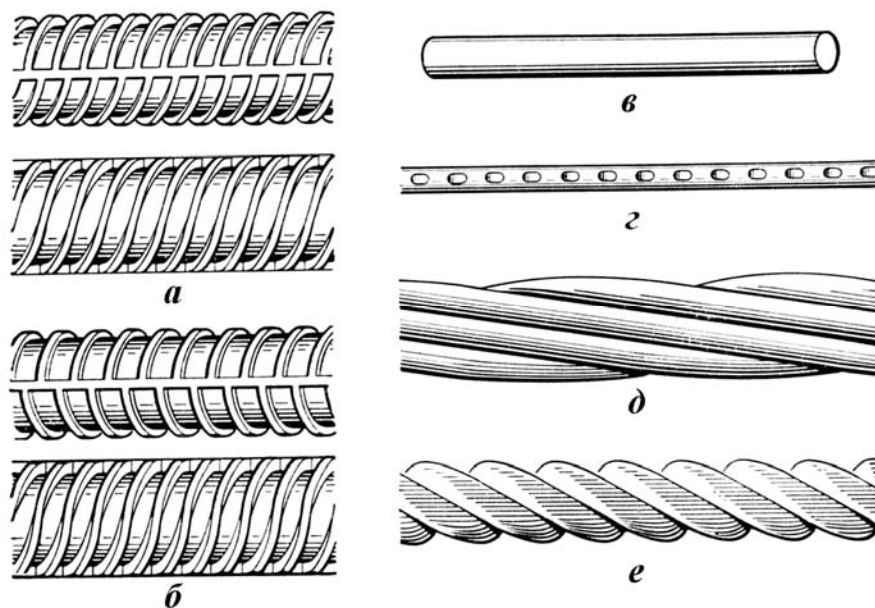


Рис. 11.1. Виды арматурной стали:

а – стержневая арматурная сталь периодического профиля А-II; б – то же, классов А-III...А-V; в – круглая сталь классов А-I, В-I, В-II; г – проволока периодического профиля классов Вр-I, Вр-II; д – прядевая арматура; е – трехпрядевый канат

Стержни классов А-I и А-II диаметром до 12 мм (а иногда до 14 мм) и классов А-III диаметром до 10 мм включительно поставляются на заводы железобетонных изделий в мотках (бухтах) или прутками, а больших диаметров – в прутках. Немерные стержни в прутках поставляют длиной 6...12 м. По соглашению с потребителем изготавливают стержни длиной 5...25 м повышенной точности порезки по длине (мерные), но изготовители оставляли за собой возможность вместе с мерными стержнями поставлять короткие стержни длиной не менее 2 м не более 15% партии. Термомеханически и термически

упрочненную стержневую арматурную сталь поставляют длиной 5,3...13,5 м. Допускается изготовление прутков из этой стали длиной до 26 м. Термомеханическое упрочнение позволяет получить практически любую диаграмму стали на разрыв, увеличить пластичность, улучшить свариваемость и другие эксплуатационные и технологические показатели. Согласно ГОСТ 10884–94 стержни изготавливают из свариваемых сталей С и сталей с повышенной стойкостью к коррозионному растрескиванию под напряжением К. Все термически упрочненные стержни диаметром свыше 28 мм и класса Ат-VII всех диаметров изготавливают из сталей, марки которых согласовывают между изготовителем и потребителем. Свариваемость сталей обеспечивается технологией их изготовления и соблюдением требований к химическому составу.

Сталь классов А-I, А-II, А-III, А-IV, В-I, Вр-I применяют преимущественно для ненапрягаемой арматуры, а сталь остальных классов и канаты – напрягаемой.

Проволоку для армирования ненапряженных железобетонных изделий изготавливают из холодноотянутой низкоуглеродистой стали круглой (В-I) или периодического (Вр-I) профиля (ГОСТ 6727–80, рис. 11.1, в, г). Для предварительно напряженных железобетонных изделий применяют высокопрочную проволоку В-II и Вр-II (ГОСТ 7348–81, рис. 11.1, в, г). Проволока периодического профиля имеет на поверхности неглубокие вмятины. Проволоку классов В-I, Вр-I, В-II, Вр-II поставляют в мотках массой 20...100 и 500...1500 кг. Мотки проволоки классов В-II, Вр-II имеют внутренние диаметры 1200, 2000, 2500 мм и не требуют правки. Для предварительно напряженных железобетонных конструкций используют также пряди (рис. 11.1, д) и спиральные арматурные стальные канаты (ГОСТ 13840–68, рис. 11.1, е). После размотки канат должен быть прямолинейным.

Модуль упругости арматуры из сталей классов А-I, А-II, Ас-II равен $2,06 \cdot 10^5$ МПа, классов А-III, Ат-IIIс, А-IV, В-I, Вр-I, Вр-II – $1,96 \cdot 10^5$ МПа, классов Ат-IVс, А-V, Ат-V, А-VI, Ат-IV, Ат-VII – $1,86 \cdot 10^5$ МПа, стальных канатов К-7 и К-19 – $1,76 \cdot 10^5$ МПа.

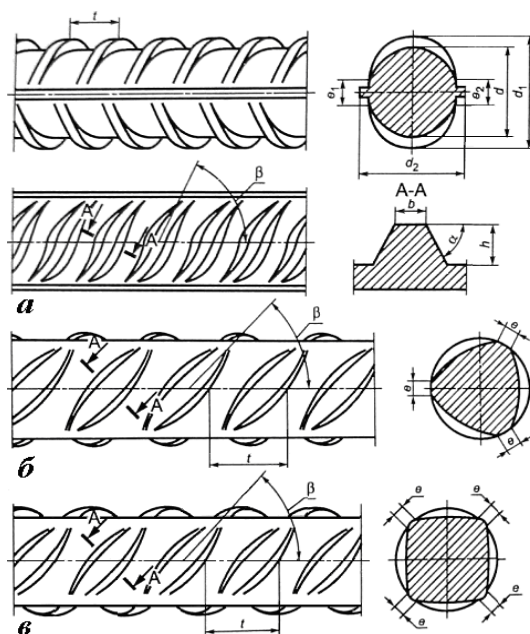


Рис.11.2. Периодические профили горячекатанного и термомеханически упрочненного арматурного проката (кл. А500С и В500С, ГОСТ Р 52544–2006):

а – двусторонний; *б* – тресторонний серповидный; *в* – четырехсторонний сегментный

В настоящее время в НИИЖБ разработан и внедряется ГОСТ Р 52544–2006 «Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций» (рис. 11.2). Арматурный прокат разделяется на классы по способу производства: А500С – горячекатаный или термомеханически упрочненный в потоке прокатки; В500С – механически упрочненный в холодном состоянии. В обозначении классов: 500 – предел текучести не менее 500 Н/мм², С – свариваемый. АС этих классов поставляется диаметром до 6 мм в мотках; 6...12 мм – в мотках или прутках; 14 мм и выше – прутками. Прутки мерной длины (МД), оговоренной с потребителем в заказе, и немерной длины (НД), определяемой изготовителем, поставляются в пределах от 6 до 12 м. В партии прутков НД допускается наличие прутков длиной от 3 до 6 м в количестве не более 7% массы партии. По мере увеличения выпуска стали по ГОСТ Р 52544–2006 и разработки новых государственных стандартов ранее применявшиеся классы арматурной стали будут заменены на новые.

Несущая способность и надежность ЖБК существенно зависит от свойств арматурной стали, которые оказывают серьезное влияние также на выбор технологий и технологического оборудования для арматурных работ. По трудозатратам арматурные работы составляют 20...40% от общих трудозатрат производства или возведения ЖБК. На арматуру ЖБК расходуется более 10% стали, выплавленной в стране.

Повышение механических свойств АС позволяет снизить удельный расход стали на арматуру, повысить надежность ЖБК, но это затрудняет обработку арматурных стержней и изготовление арматурных изделий. Основные рабочие процессы изготовления арматурных изделий – деформирование арматурных стержней в холодном (резка, гибка, правка) или горячем (контактная сварка) состояниях. Прочность АС некоторых видов приблизилась к прочности инструмента (ножи станков для резки АС, фильеры

или плашки в правильных барабанах, выполненные из инструментальной стали). Вызывает затруднение правка стержней с периодическим профилем и сварка термоупрочненных стержней. Развитие видов арматурных сталей опередило развитие технологий, а также машин и оборудования для арматурных работ. Основные рабочие процессы арматурных работ (АР) механизированы и даже автоматизированы, но, несмотря на это, велика доля ручного труда, в основном на вспомогательных операциях.

Арматурные сетки – плоские конструкции из взаимно перпендикулярных арматурных стержней классов А-I, А-II, А-III, В-I или Вр-I, сваренных контактной точечной сваркой. Сетки изготавливаются на многоэлектродных сварочных машинах, что требует унификации параметров сеток – одинаковые расстояния (шаги) между продольными и поперечными стержнями, одинаковые диаметры поперечных и продольных стержней. Поэтому при разработке проекта арматурного цеха следует согласовать с разработчиками сеток возможность такой унификации.

При разработке электросварочных машин руководствуются предельно возможными параметрами сеток, которые определены на основе данных исследований и эксплуатации. Сварные соединения арматурных стержней в сетках и с закладными изделиями необходимо выполнять в соответствии с ГОСТ 14098–91.

При сварке пересечений стержней должно быть выдержано максимально возможное сочетание диаметров:

Диаметры стержней одного направления, мм..	3 – 12	14, 16	18 – 30	22	25 – 32	36 – 40
Наименьшие допустимые диаметры стержней						
другого направления, мм.....	3	4	5	6	8	10.

В сетках с нормируемой прочностью крестообразных соединений стержней сварка всех мест пересечений арматуры обязательна. Возможность отступления от этого правила должна оговариваться специально.

Легкие товарные арматурные сетки со стержнями диаметром до 12 мм для монолитных железобетонных конструкций изготавливают в соответствии с ГОСТ 8478–81. При необходимости на объекте их подрезают до нужного размера или в них делают вырезы. Тяжелые арматурные сетки со стержнями диаметром до 40 мм следует изготавливать в соответствии с ГОСТ 23279–85, но в некоторых случаях могут быть и исключения.

Размеры сеток и расстояния между осями крайних стержней по длине арматурных изделий для плит, панелей и настилов независимо от длины изделий в соответствии с ГОСТ 10922–90 могут колебаться в пределах от +5 до –10 мм (не более). Номинальные расстояния между стержнями, равные 50 мм, должны иметь отклонения не более ± 2 мм, 50...100 мм ± 5 мм, свыше 100 мм ± 10 мм. Исходя из возможностей серийных и разрабатываемых новых многоэлектродных сварочных машин и соображений по унификации сеток, можно рекомендовать следующее.

Диаметры D продольных стержней для легких сеток принимают 3...12 мм, для тяжелых 14...32 мм. Следует учитывать, что при диаметре 3 мм часты пережоги стержней, вследствие чего лучше принимать больший диаметр.

Для стержней в сетке рекомендуется принимать один диаметр или диаметры, различающиеся не более чем в 2 раза. Диаметры стержней каждой пары, считая от края сетки, должны быть одинаковыми.

Диаметры d поперечных стержней для легких сеток принимают равными 3...10 мм, для тяжелых 8...14 мм. Стержни должны быть одного диаметра.

Шаги продольных стержней легких сеток зависят от типа сварочных машин. Для широко распространенных машин АТМС и МТМС рекомендуются шаги, кратные 100 мм, для машины МТМ-88 – шаги, кратные 50 мм, но не меньше 100 мм. Для тяжелых сеток рекомендуются шаги, равные 100 и 200 мм.

Шаги поперечных стержней могут быть любыми в интервале 100...300 мм, а при использовании машины МТМ-88 – 50...400 мм. При применении машины АТМС в сетке возможен второй шаг 60...220 мм. В машине МТМ-88 второй шаг может быть 50...400 мм, а третий (постоянный) – 50 мм.

При изготовлении сеток с продольным или поперечным разрезанием на автоматической сварочной линии минимальную длину свободных концов поперечных и продольных стержней (в зоне разреза) от соответствующих крайних стержней рекомендуется принимать равной 25 мм.

Длина сетки зависит от оборудования линии для изготовления сеток. Наибольшая длина легких сеток, как правило, не превышает 7,2 м. Ширина сетки зависит от технических возможностей сварочной машины. Наибольшая возможная ширина легких сеток на изготавливаемых и серийных машинах составляет 3,8 м, тяжелых – 3,05 м. Расстояние между осями крайних стержней, соответственно, 3,75 и 3 м. Сетки с параметрами, отличающимися от рекомендуемых, можно сваривать с помощью подвесных машин с клещами, а узкие сетки также и на однотоочечных машинах, что более трудоемко по сравнению со сваркой на многотоочечных машинах.

Сетки, плоские и пространственные каркасы применяют для армирования плоскостных железобетонных панелей, длинномерных линейных (колонн, ригелей, балок) и цилиндрических (труб, свай, опор линий электропередачи) изделий. Пространственные сварные арматурные каркасы являются рабочей арматурой в монолитных ЖБК, а также в несущих сборных ЖБК без предварительного напряжения, например в стеновых панелях.

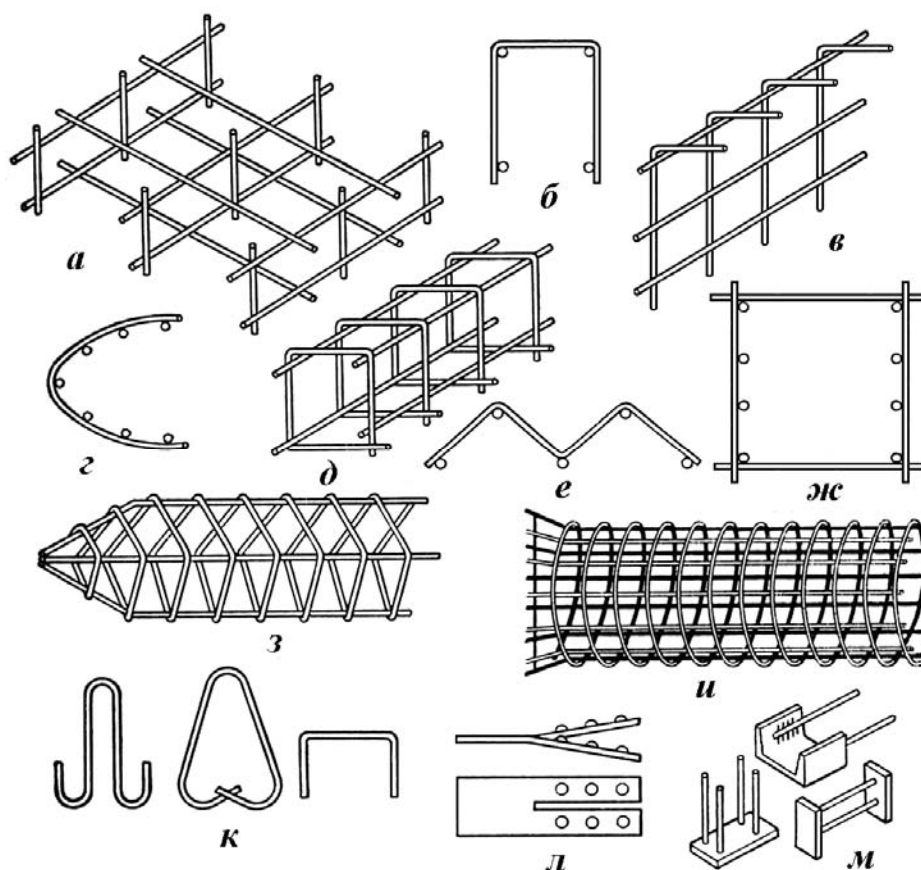


Рис. 11.3. Пространственные арматурные каркасы и закладные детали:

а – каркас из сеток и стержней для плоскостного железобетонного изделия; *б...г, е* – каркасы из изогнутой сетки; *д* – каркас с изогнутыми хомутами; *ж* – каркас с поперечными и продольными сваренными прутками или из двух сеток и поперечных прутков; *з* – каркас с навитой поперечной арматурой для свай; *и* – каркас железобетонной трубы; *к* – строповочные и монтажные петли; *л, м* – штампованная и сварные закладные детали

Каркасы могут быть выполнены из гнутых сеток, нескольких плоских сеток или цилиндрической формы (рис. 11.3, *а...и*). При изготовлении каркасов из отдельных сеток сетки соединяют методом контактной сварки или с помощью вязки. Сварные каркасы железобетонных труб изготовляют на специализированных машинах контактной сваркой пересечений подаваемых продольных стержней с навиваемой на них по спирали поперечной арматурой. Каркасы изделий с продольными напрягаемыми стержнями изготовляют так же, но без сварки арматурных пересечений. На чертежах приводятся требования к пространственным арматурным конструкциям: точности размеров каркасов, прочности сварных соединений, возможности использования вязки в труднодоступных местах и замены используемых марок арматурных сталей.

В зависимости от вида АС и способа создания предварительного напряжения выбирается вид концевого анкера. Пакеты высокопрочной проволоки применяются для напряженного армирования на длинных стендах, например при изготовлении железобетонных шпал. В большинстве случаев концевые анкеры после твердения бетона удаляются. В крупногабаритных конструкциях, таких, как фермы перекрытий, пролетные строения мостов и др., часто применяется последующее натяжение арматуры. При таком армировании концевые анкеры сохраняются и выполняют свою функцию при работе ЖБК, хотя инъектирование каналов бетонным раствором также обеспечивает

дополнительную анкеровку прядей или канатов по всей длине и защищает арматуру от коррозии. Для усиления торцевых зон преднапряженных ЖБК устанавливают спирали, обеспечивающие более равномерное распределение поперечных нагрузок и воспринимающие ударную нагрузку в момент удаления анкера и передачи напряжения на бетон.

Для соединения железобетонных изделий при монтаже зданий служат закладные детали: сварные, штампованные и штампосварные (рис. 11.3, л, м). К закладным деталям относятся и петли, изготавливаемые из стержневой арматуры (рис. 11.3, к). Петли могут служить для строповки железобетонных изделий при транспортировании и соединения изделий друг с другом.

Последние десятилетия активно ведутся исследования по созданию и применению *фибробетона*. Ставится вопрос о замене рабочей арматуры фиброй. Фибра дает существенный эффект как распределительная арматура в зонах повышенных нагрузок на сжатие и скол, а также в зонах ударных нагрузок (например в головах свай), но не обеспечивает достаточного сопротивления изгибу и растяжению и пока не может заменить арматурные стержни, воспринимающие растягивающую нагрузку, тем более напряженные. В качестве фибры, в основном, применяется стальная проволока ($\varnothing 0,3 \dots 0,8$ мм, $l/d = 80 \dots 100$) гладкая или волнистая.

Арматурные работы в строительстве. Технологии работ в условиях стройплощадок предъявляют требования, отличающиеся от требований заводских технологий, в т.ч. и в производстве арматуры монолитных ЖБК. Арматура применяется как в виде различных конструктивных элементов, так и отдельных стержней россыпью, которые монтируются на объекте. Элементы арматурных каркасов поставляют в виде полуфабрикатов – заготовок, изготавливаемых метизными заводами или в арматурных цехах заводов ЖБИ. Наиболее эффективной организацией арматурных работ является централизация изготовления типовых элементов сварных арматурных каркасов и сеток на специализированных заводах с одновременной децентрализацией сборки арматурных каркасов и завершающих операций, для которых необходимы мобильные (малой массы), но с достаточной мощностью машины для использования их в условиях стройплощадок.

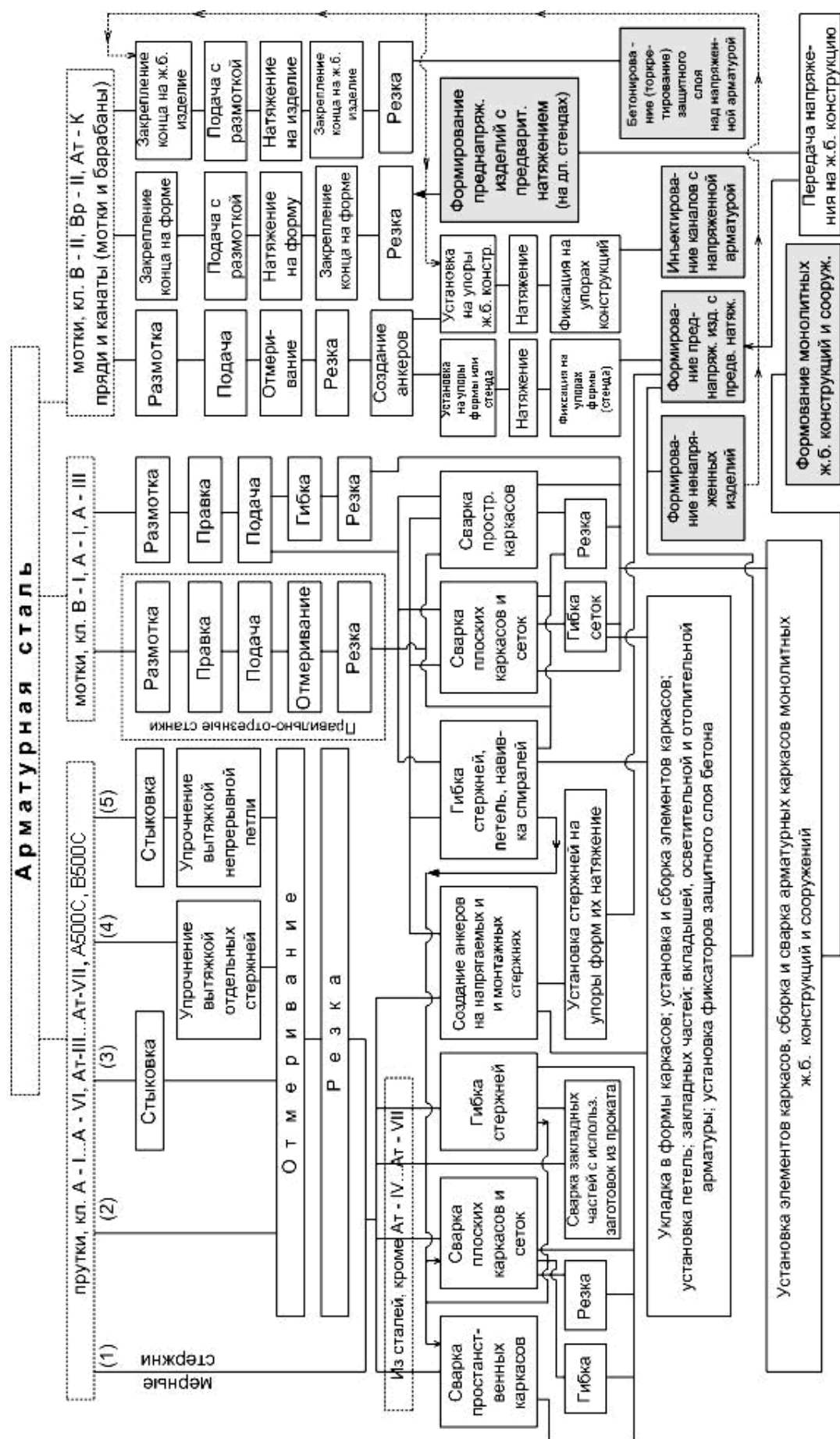


Рис. 11.4. Обобщенная схема арматурных работ

(Вспомогательные операции, включающие транспортировку и установку элементов арматурных изделий по эскизам и проектам)

В виде элементов – полуфабрикатов поставляются сварные сетки, плоские каркасы, закладные детали, а также арматурные пряди и канаты.

Дальнейшая обработка полуфабрикатов и окончательное изготовление и сборка арматурных каркасов требует выполнения арматурных работ аналогичных тем, что имеют место на заводах ЖБИ. В основном это деформационные процессы, контактная сварка и монтажные операции, требующие применения специальных кондукторов и монтажных приспособлений. Для стыковки элементов арматуры наряду со сваркой все шире внедряются бессварочные крестовые соединения, обеспечивающие заданную величину защитного слоя бетона.

Вид арматурных работ и подбор механического оборудования для их выполнения определяется видами арматурных сталей, заложенных в проекты арматурных изделий железобетонных конструкций, а также видом поставки арматурной стали. На рис.11.4. представлена схема, обобщающая практически все виды арматурных работ, выполняемые на строительных площадках, на арматурных заводах, в арматурных цехах заводов ЖБИ и ДСК.

Практически все технологические процессы включают операции, связанные с деформацией стержней в холодном или горячем состояниях, и требуют приложения значительных сил. Поэтому они все механизированы и частично автоматизированы. К холодным деформационным процессам относятся правка, резка, гибка, холодная высадка анкерных головок или опрессовка анкеров. При размотке напряжение также превышает предел текучести. К горячим деформационным процессам относятся контактная (стыковая и точечная) сварка, горячая высадка анкерных головок, резка трением. Натяжение стержней (в пределах упругой деформации) выполняется также или в холодном состоянии с помощью гидродомкратов, или посредством электротермонагрева (ЭТН).

Арматурная сталь кл. В-I, Вр-I, А-I...III, поставляемая в мотках, обрабатывается на правильно-отрезных или механизмами правки в непрерывных линиях сварки сеток и каркасов. Эта сталь подвергается размотке, правке, отмериванию и резке. В непрерывных линиях сварки сеток и каркасов возможна разрезка готового изделия. Для выполнения этих процессов осуществляется подача стержня, а в непрерывных линиях также и подача изделия. Затем выполняется сварка стержней, заготовленных на правильно-отрезных станках, а в непрерывных линиях сварка или гибка предшествуют резке. Пряди, канаты и сталь кл. В-II и Вр-II не требуют правки и не свариваются, т.е. не подвергаются пластическим деформациям.

Из арматурной стали, поставляемой мерными стержнями (рис.11.4. (1)), в зависимости от их назначения (класса АС и ее марки) изготавливаются плоские или пространственные каркасы, выполняется гибка стержней, создаются анкеры на напрягаемых стержнях. Немерные стержни могут упрочняться вытяжкой (рис.11.4.(4)). В связи с выпуском сталей повышенной прочности, в т.ч. термоупрочненных, этот способ упрочнения в арматурном производстве применяется редко. Отмеривание и резка (2) приводит к значительным отходам, снижаемым в случае, если им предшествует стыковка стержней (3). Такая технология не гарантирует качества всех сварных стыков в связи с выборочным

контролем качества сварки. Технологическая схема (5) по сути является безотходной.

11.2. Машины для заготовки элементов арматуры и изготовления арматурных изделий

С целью снижения отходов в арматурном производстве довольно часто используют контактную стыковую сварку стержней с последующей резкой их на заданную длину, но массовое внедрение безотходной заготовки сдерживалось некоторым усложнением технологии и ограничениями количества стыков в арматуре ЖБК.

В НИИЖБ была разработана безотходная линия для сварки в плетть трёх стержней с дальнейшей их резкой, что позволяло снизить отходы, но не исключить их (внедрено в г. Рустави). В институте электросварки им. Е.О.Патона разработана линия К-777 для безотходной сварки и мерной резки стержневой арматуры железобетона. На участке подготовки стержней к сварке выполняется отрезка гнутых концов, подготовка торцов и зачистка боковой поверхности стержня. Механизм перекладки подает стержень на поток участка сварки, где применяется машина К-724 со встроенным в машину гратоснимателем и упором для установки стержня на позицию сварки и для стоп раскроя, но по-прежнему требуется контроль качества сварки, для чего из 100 стыков выборочно вырезают два. Это уже отходы. Если контрольные стыки не обеспечивают заданной прочности, то должны быть забракованы все сварные стыки. Если же некачественный стык (стыки) оказался среди 98 непроверенных, то это может привести к разрушению ЖБК и аварии с серьезными последствиями.

На кафедре СДМиО ЛИСИ (ТТМ СПбГАСУ) с участием Волкова С.А. была разработана безотходная автоматическая линия (рис.11.5.), которая может быть создана на базе серийного оборудования, дополненная несложным в изготовлении устройством подачи и упрочнения вытяжкой арматурного стержня на участках, перекрывающих друг друга (а.с. № 302378).

В связи с поставкой арматурных стале повышенной прочности из технологии изготовления арматурных изделий почти повсеместно было убрано упрочнение вытяжкой (осталось только в металлургической промышленности). Но упрочнение металла вытяжкой (на рассматриваемой линии) кроме того, что дает экономию металла за счет уменьшения диаметра арматурных стержней, исключает выборочный контроль сварных стыков, т.к. при вытяжке стержней за предел текучести (σ_T) контролируются все сварные стыки. В случае обрыва стержни свариваются заново. На такой линии возможно ввести устройство для срезки грата в горячем состоянии с последующим охлаждением сварного стыка со скоростью $\sim 150^\circ$ в секунду. Возможно охлаждение стыка в электродах сварочной машины со снятием грата при температуре самоотпуска. Данная линия может быть дополнена устройствами для горячей высадки анкеров.

Станки для резки арматурной стали. Арматурную сталь, поступающую в прутках, целесообразно резать после ее стыкования (наращивания по длине) на стыковых электросварочных машинах. Станки

изготавливаются с ручным, механическим и гидравлическим приводами подвижных ножей. Ручные станки предназначены для резки арматурной стали диаметром до 20 мм и применяются при небольших объемах работ, станки с механическим приводом – для стали диаметром до 40 мм и с гидравлическим приводом – до 80 мм.

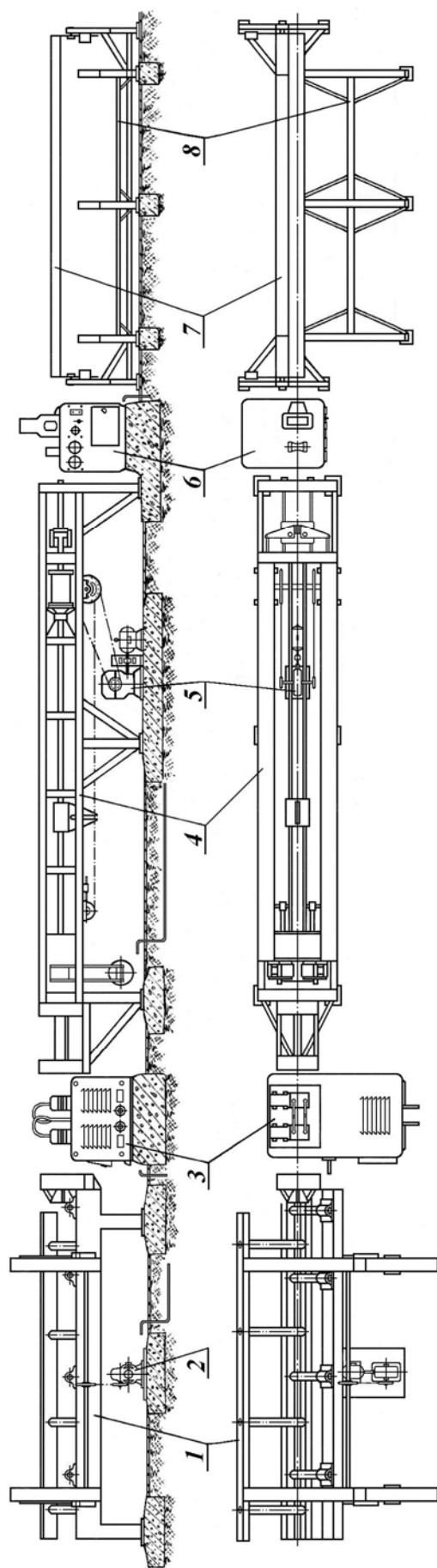


Рис. 11.5. Схема безотходной линии заготовки арматурных стержней, поставляемых прутками:
 1 - роуланг с бункером, 2 - привод механизма подачи стержней на сварку, 3 - автомат стыковой сварки арматурных стержней, 4 - агрегат упрочнения и протяжки сваренной шпеты, 5 - привод механизма протяжки, 6 - станок для резки арматурной стали, 7 приемный поток для отрезанных на заданную длину стержней, 8 - стеллаж для накопления заготовленных стержней (может быть снабжен автоматическим устройством для вязки пакетов стержней или заменен на роуланг для дальнейшей подачи готовых изделий)

ЗАО Коммерческий центр «Строительные машины» (СПб, 3-д строительных машин) выпускаются станки СМЖ-172А для резки стали кл. А-I

диаметром до 40 мм, кл.А-II – до 36 мм, кл. А-III – до 32 мм. Его прототипом был станок С-370, заменивший в начале 60-х гг. станок С-150.

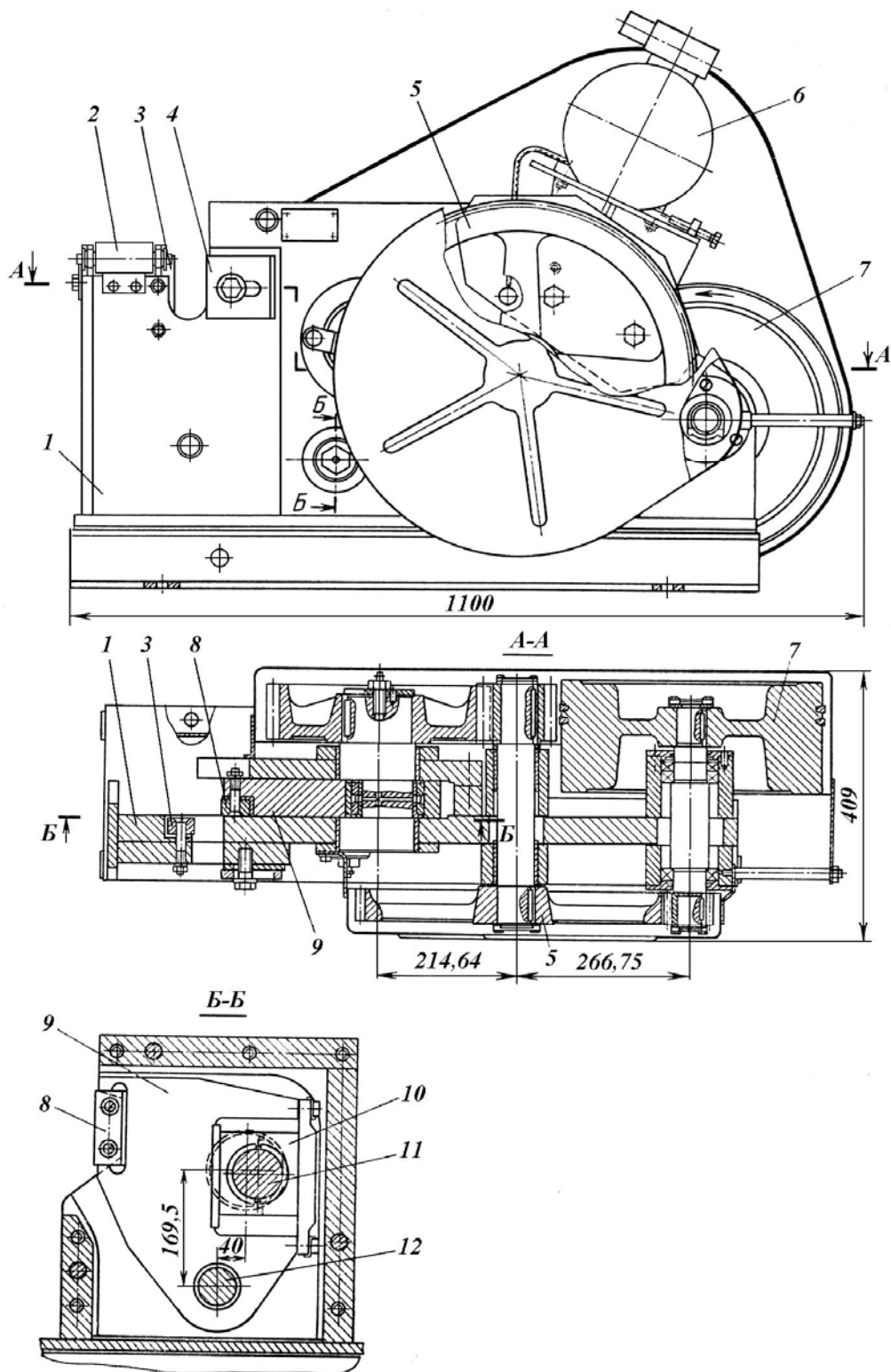


Рис. 11.6. Станок СМЖ-172Б для резки арматурных стержней

Станок СМЖ-172Б (рис. 11.6) приводится в работу от асинхронного электродвигателя 6 через клиноременную передачу, маховик 7, открытые зубчатые передачи 5 и кулису 9 с подвижным ножом 8. Неподвижный нож 3 закреплен на станине 1. Со стороны, противоположной подвижному ножу, на станине расположен регулируемый упор 4 для разрезаемого арматурного

стержня. Он состоит из двух рифленых планок, одна из которых неподвижно закреплена на станине, а вторая, прикрепляемая болтом, имеет прорезь и может переставляться относительно первой. Станок работает только с непрерывно повторяющимися резами арматуры. Качательные перемещения кулисы относительно оси 12 совершаются вращающимся эксцентриковым валом 11 и передаются через сухарь 10 с плоскими опорными поверхностями. За счет этого уменьшается давление на рабочих поверхностях и, соответственно, их износ. При перемещении к станку арматурный стержень опирается на ролик 2.

Этим же заводом выпускались станки для резки арматурной стали с гидроприводом. Ранее выпускались станки С-450 и С-450М для резки стержней диаметром – до 80 мм (кл. А-І). В настоящее время выпускается станок СМЖ-175А, на котором осуществляется резка стержней с σ_b 460 МПа до 80 мм, 590 МПа – до 70 мм, 880 МПа – до 60 мм. Затем длительный период выпускались станки СМ-3002 (СМЖ-133), на которых разрезались стержни марки 35ГС диаметром до 40 мм. После некоторой перекомпоновки основных узлов выпускается станок СМЖ-133А.

Станок СМЖ-133А (рис. 11.7, а) включает в себя сварную раму 1, электродвигатель 5, эксцентриковый поршневой насос 6 типа Н401Е с подачей 18 л/мин, развивающий давление до 31 МПа, механизм 3 реза в виде гидроцилиндра с подвижным ножом и держателя неподвижного ножа, гидроаппаратуру 7, гидробак 2 и электрооборудование. Станок управляется от педали или автоматически с помощью кулачков, соединенных со штоком гидроцилиндра и взаимодействующих с конечными выключателями 4.

Подвижный нож (рис. 11.7, б) закреплен на держателе 10, соединенном со штоком 5 горизонтально расположенного гидроцилиндра 4. При подаче под давлением масла в гидроцилиндр поршень 3 перемещает нож на рабочий ход, величина которого равна 50 мм. В исходное положение поршень возвращается при подаче масла в противоположную полость гидроцилиндра. Неподвижный нож закреплен на держателе-упоре 11, расположенном в корпусе 15. Для регулирования расстояния между ножами при наладке станка на резание арматуры требуемого диаметра держатель перемещают с помощью нажимной втулки 13, вращаемой штурвалом 14. Усилия реза действуют только на основание корпуса 15 и не передаются на раму станка. Поворот втулки 7 и держателей ножей предотвращается шпонками 8 и 12. Крышка 1, поршень и промежуточная стенка 16 уплотнены манжетами 2 и 6 и кольцом 17. Для удаления загрязнений со втулки 7 служит грязесъемник 9.

Гидросистема станка включает в себя гидрораспределитель Р2ОЗ, предохранительный клапан МКП-12-02, пластинчатый фильтр, гидроклапан давления Г54-23 и манометр. Станок может работать в режиме одиночных и непрерывных резов.

Непосредственно на строительных площадках часто применяют ручные ножницы (рис. 11.8).

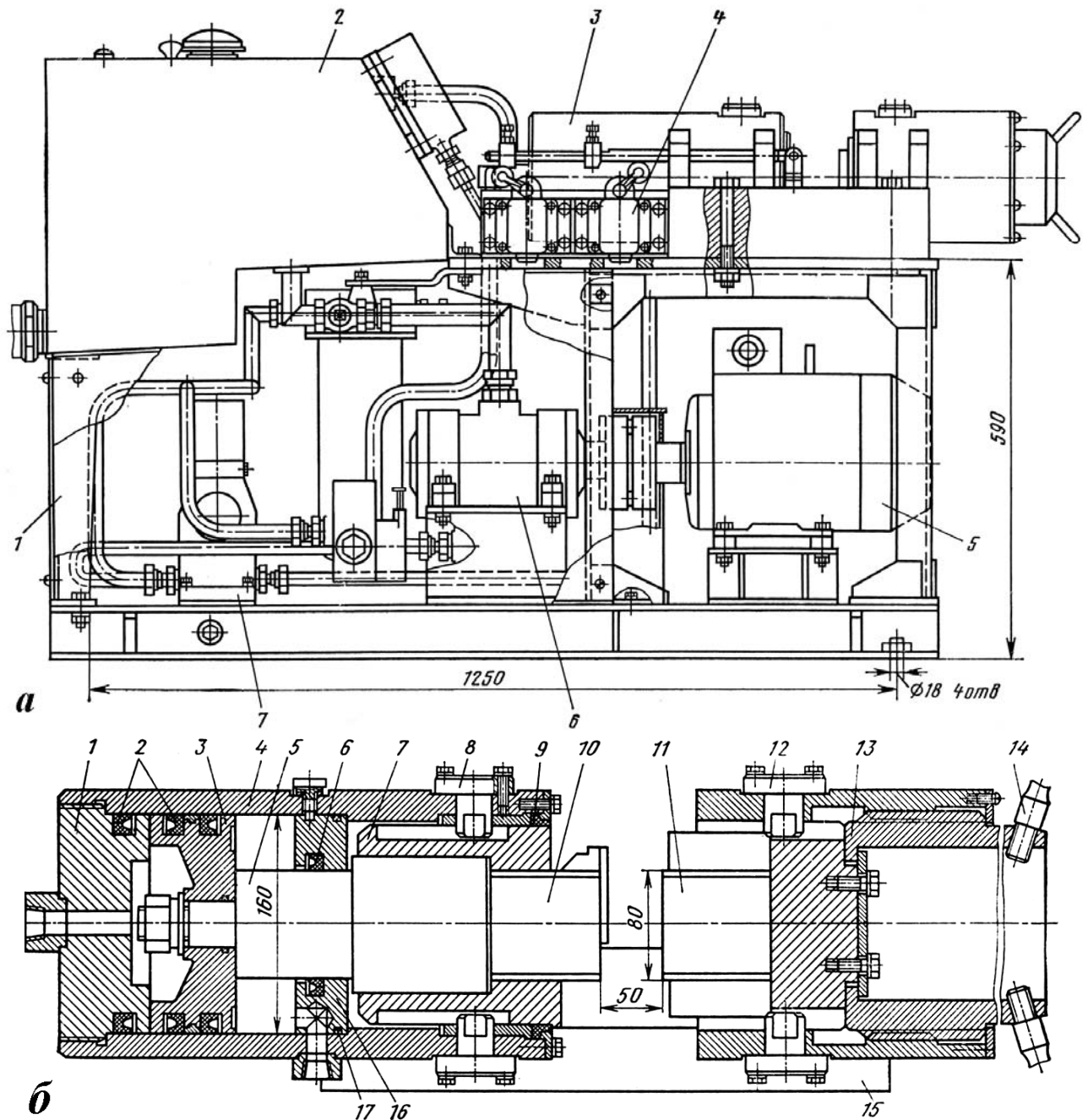


Рис. 11.7. Станок СМЖ-133А для резки арматурных стержней:

а – конструктивная схема; *б* – механизм реза

Станки для резки арматурных стержней могут быть дополнены виброприставками, которые позволяют снизить силу резки. Виброприставки были разработаны авторами учебника (а.с. 882709, Бюл., 1981, № 43; а.с. 1007861, Бюл., 1983, № 12; А.с. 1156870 Бюл., 1985, №19). Механизм влияния вибрационной импульсной нагрузки на свойства обрабатываемых стержней приведен в статьях: Волков С.А. Влияние динамических нагрузок на прочность и реологическое поведение твердых тел (о механизмах самоорганизации структур дефектов кристаллической решетки в зонах деформаций) // Синергетика и методы науки. – СПб.: Наука, 1998. – С.131-155; Волков С.А. Физическое обоснование процессов вибрационных воздействий на металл и усталостных явлений. www.interlibrary.narod.ru, Gen.Cat.Scient.Dep. Physics. 17.05.04. – 1,955 п.л.

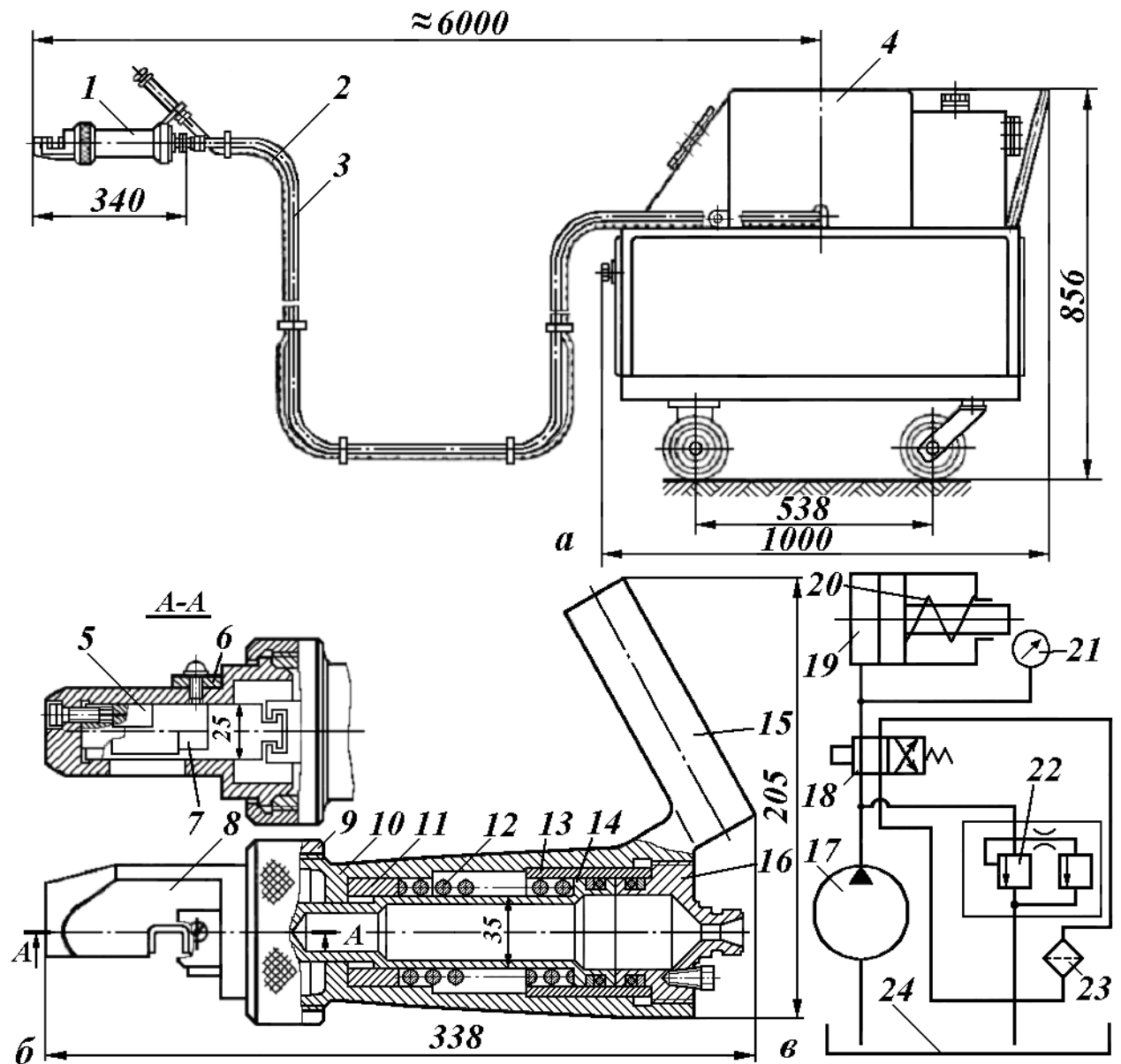


Рис. 11.8. Ножницы СМЖ-214А:

а – общий вид; *б* – режущая головка; *в* – гидросхема; 1 – режущая головка; 2 – электрокабель управления; 3 – рукав высокого давления; 4 – насосная установка; 5, 7 – неподвижный и подвижный ножи; 6 – опорная планка для стержня; 8 – ножевая головка; 9, 16 – передняя и задняя крышки; 10 – корпус; 11, 13 – втулки; 12 – пружина; 14 – поршень; 15 – рукоятка; 17 – эксцентриковый поршневой гидронасос; 18 – гидрораспределитель; 19 – гидроцилиндр; 20 – пружина; 21 – манометр; 22 – предохранительный клапан; 23 – сетчатый фильтр; 24 – гидробак

Правильно-отрезные станки. Арматурную сталь кл. В-I, Вр-I, А-I...III, А500С, В500С, поставляемую в мотках (бухтах), необходимо размотать, выправить и отрезать на заданную длину, что выполняется на правильно-отрезных станках-автоматах, которые используются в арматурных цехах заводов по производству сборных железобетонных конструкций и на специализированных заводах, изготавливающих арматурные изделия, а также на металлургических и машиностроительных предприятиях. Правильно-отрезные станки имеют механизмы правки, подачи, отмеривания и резки; они снабжены бухтодержателями и приемными устройствами. На станках

различных типов скорость подачи стержней находится в пределах 30...90 м/с, а частота вращения барабана – 1000...3000 об/мин.

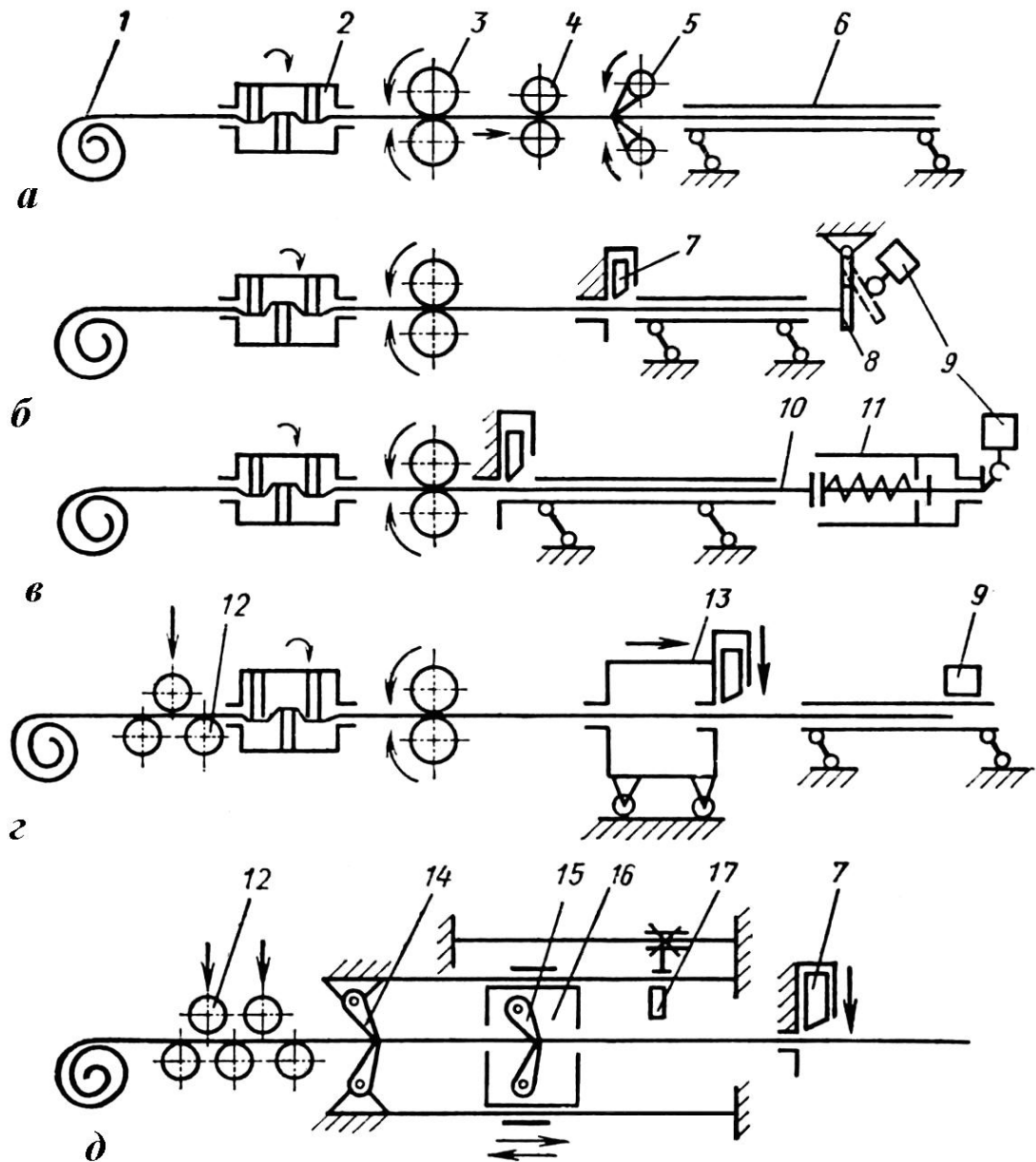


Рис. 11.9. Схемы правильно-отрезных станков:

а – с непрерывной подачей стержня и резанием вращающимися ножами; *б, в* – с подачей стержня до упора и резанием параллельными ножами; *г* – с непрерывной подачей и резанием летучими ножами; *д* – с циклической подачей стержня и резанием параллельными ножами

Основные виды механизмов различных правильно-отрезных станков представлены на рис. 11.9. Схемы охватывают современные и ранее выпускавшиеся станки отечественных и зарубежных моделей. Станки бывают как циклического, так и непрерывного действия. Первые имеют механизмы резания с параллельными ножами и операцию резания чередуют с операциями размотки и правки. Станки непрерывного действия снабжены механизмом резания с вращающимися ножами и режут арматурную сталь в процессе ее размотки и выпрямления, т.е. без остановки.

Работа происходит в следующей последовательности. Стержень разматывается из мотка *1* и протягивается через правильное устройство *2* или *12* посредством механизма протягивания *3* или *14-15*, отмеряется на заданную

длину мерительным роликом 4 или конечным выключателем 9 и отрезается параллельными (рычажными) ножами 7 или вращающимися ножами 5.

Роликовые правильные устройства 12 не обеспечивают качественной правки стержней круглого сечения и на современных отечественных правильно-отрезных станках не применяются, кроме некоторых зарубежных станков для предварительной правки. В качестве самостоятельных роликовые механизмы применяются в сочетании с машинами для сварки сеток и плоских каркасов в линиях гибки, а также как на зарубежных, так и на отечественных автоматах для резки коротких стержней. В таких машинах недостаточна качественная правка компенсируется периодической сваркой, дающей шарнир пластичности, или малой длиной заготавливаемого стержня, или пластической деформацией гибки.

Высокое качество правки благодаря объемному многократному пластическому изгибу достигается на барабанных механизмах правки 3, применяемых практически на всех правильно-отрезных станках. Но эти механизмы более энергоемки по сравнению с роликовыми. Совместить достоинства роликовых и барабанных механизмов удалось в вибрационных механизмах правки. На кафедре СДМиО ЛИСИ (ТТМ СПбГАСУ) под руководством С.А. Волкова разработаны конструкции вибрационных механизмов правки (а.с. №№ 230770, 296708, 365192, 468665, 539640, 732047, 829255, 1139534).

Счетчик 4 отмеривания длины отрезаемых стержней состоит из мерительного диска и прижимного ролика, между которыми проходит выпрямляемый стержень, и фрикционного вариатора, который настраивается на заданную длину отрезаемых стержней. Механизм резания имеет режущие головки 5 с укрепленными в них кожами, включаемыми по сигналу счетчика отмеривания длины посредством зубчатой муфты. Сочетание счетчика 3 с вращающимися ножами не дает точности отрезаемых стержней по длине.

Для обеспечения высокой точности отрезки все современные отечественные станки снабжены конечными выключателями 9 и рычажными ножами 7, но в эксплуатации имеется большой парк станков с вращающимися ножами 5, снабженными как мерительным роликом 6, так и конечными выключателями 7, которыми заменили мерительные ролики. На некоторых таких станках вращающиеся ножи заменены рычажными с пневмоприводом. Вернуться к отмериванию и резке без остановки возможно при использовании устройств по а.с. №№ 757269 и 1323257 (каф. СДМиО ЛИСИ, автор С.А.Волков), сочетание которых позволяет исключить влияние нестабильности процессов работы механизмов отмеривания и резки.

Правильно-отрезной станок с непрерывной подачей проволоки (рис. 11.10, а) предназначен для автоматической правки и резки арматурной стали диаметром 3...12 мм. На станке отрезается прутки заданной длины, при этом подвижный нож совершает 0,5 хода в секунду. Мощность электродвигателя 1,7 кВт. Он состоит из сборной литой станины 6, правильного устройства 5, тянущего 3, режущего 1, счетного 2 механизмов. К станине одним концом прикреплено устройство для приема отрезанных прутков арматурной стали, представляющее собой корытообразную сварную металлическую конструкцию,

стойками опирающуюся на фундамент. Пусковая и защитная электроаппаратура смонтирована в металлическом шкафу 4.

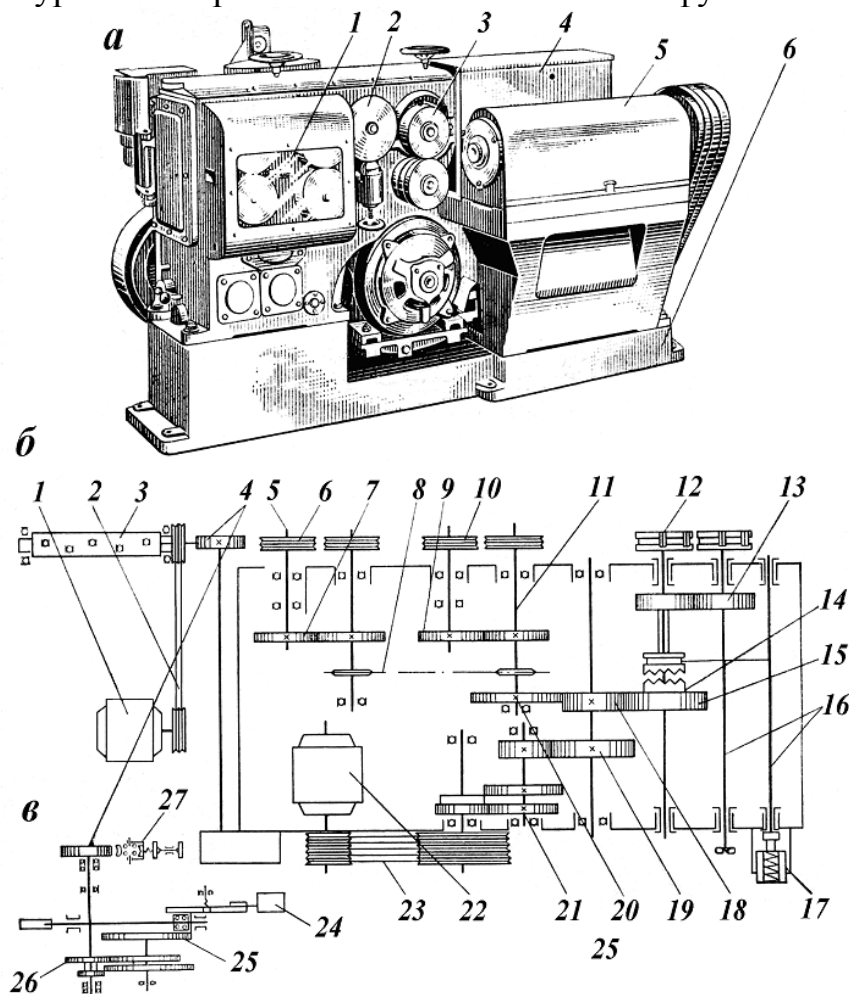


Рис. 11.10. Станок для одновременной правки и резки арматурной стали с непрерывной подачей: а – общий вид; б – кинематическая схема

Правильное устройство (рис. 11.10, б) имеет правильный барабан 3, электродвигатель 1 мощностью 7 кВт и клиноременную передачу 2. Правильный барабан представляет собой корпус с пятью стаканами с плашками. Вдоль оси корпуса имеется отверстие, через которое проходит арматурная сталь. Тянувший механизм состоит из двух пар дисков 6, 10, двух пар зубчатых передач 7, 9, цепной передачи 8, шестерни 20 и валов 5, 11. Режущий механизм состоит из двух дисковых ножей 12, зубчатой передачи 13, кулачковой муфты 14, шестерни 15, электромагнита 17 и валов 16. Вращение дискам 6, 10 и ножам 12 сообщается от электродвигателя 22 мощностью 4,5 кВт через клиноременную передачу 23, блок шестерен 21, зубчатую передачу 19 и шестерню 18.

Механизм для отмеривания заданной длины стержня (рис. 11.10, в) состоит из мерительного диска 4, опорного ролика 27, блока шестерен 26, вариатора 25 и конечного выключателя 24. При работе станка проволока с мотка, установленного на держателе, заправляется в правильный барабан и тянущие ролики. В процессе вращения барабана и одновременного протягивания арматуры через центральное отверстие корпуса происходит поочередный изгиб проволоки плашками в различных направлениях, что

обеспечивает ее правку и очистку от окалины. Разрезают арматуру на стержни заданной длины дисковые ножи 12. Скорость вращения дисковых ножей несколько превышает скорость вращения тянущих роликов, что предотвращает набегание арматурной стали на ножи.

Заданную длину стержня арматурной стали отмеряют следующим образом. Проволока, проходя между опорным роликом 27 и мерительным диском 4, вращает их. От мерительного диска вращение через блок шестерен и вариатор передается кулачку, укрепленному на ведомом диске вариатора. Когда кулачок займет вертикальное положение, замыкается конечный выключатель 24, который включает электромагнит 17. Электромагнит через систему тяг и рычагов включает кулачковую муфту; при этом поворачиваются дисковые ножи и отрезается прут, который укладывается в корыто приемного устройства. Прутки затем транспортируются к сварочным машинам для изготовления арматурного каркаса.

Изменение длины отрезаемых стержней регулируют соответствующей установкой блока шестерен 26 и вариатора 25. Пределы регулирования длины отрезанных стержней составляют 188...8000 мм. в случае потребности в стержнях большей длины мерительный диск отводится от протягиваемой арматуры, вследствие чего счетный механизм выключается, а отмеривание и резку стержня осуществляют вручную.

В арматурных цехах применяют отечественные станки нескольких типов И-6118, СМЖ-357, СМЖ-588, И-6022А, работающих с подачей арматуры до упора и резанием гильотинными ножами.

Наибольшее применение находит станок СМЖ-357 (рис. 11.11, а). Станок комплектуют размоточным устройством (бухтодержателем) 5, рассчитанным на установку мотков диаметром до 1500 мм и электрошкафом 3. Приемно-выдающее устройство 2 и лоток 1 могут набираться из секций длиной по 2 м. С размоточного устройства арматура подается в станок через ограждение 4, что обеспечивает безопасность работы.

Привод станка (рис. 11.11, б) осуществляется от двух электродвигателей. Двухскоростной электродвигатель 8 через клиноременную передачу вращает валы редуктора 7, на выходных концах которых закреплены тянущие арматуру ролики 12, кулачок 14, взаимодействующий с механизмом реза, и кулачок 13, воздействующий на рычажную систему 16 поворота вала с рейкой приемно-выдающего устройства 19.

При нажатии концом подаваемой роликами 12 арматуры на шомпол 18 срабатывает конечный выключатель отмеривающего механизма, дающий сигнал на включение электромагнита 6 механизма реза. За время срабатывания механизма реза шомпол доходит до жесткого упора отмеривающего механизма и останавливается вместе с арматурой.

Электромагнит 6 механизма реза выдергивает клин 23 тяги 22, которая, перемещаясь вместе с полумуфтой 21, включает ножевые валы. Полный цикл отрезки происходит за половину оборота ножевых валов, после чего они останавливаются в исходном положении механизмом фиксации. В момент реза кулачок 14, поворачиваясь, нажимает на рычаг 15 с ножом 20, который

перерезает арматурный стержень, проходящий через втулочный неподвижный нож 17. Кулачок 13 через рычажную систему 14 с некоторым запозданием поворачивает вал приемно-выдающего устройства. При этом рейка его сдвигается, открывая канал приемно-выдающего устройства 19, и отрезанный пруток выпадает. В момент фиксации ножевых валов механизм открывания канала приемно-выдающего устройства и шомпол возвращаются в исходное положение под действием пружин.

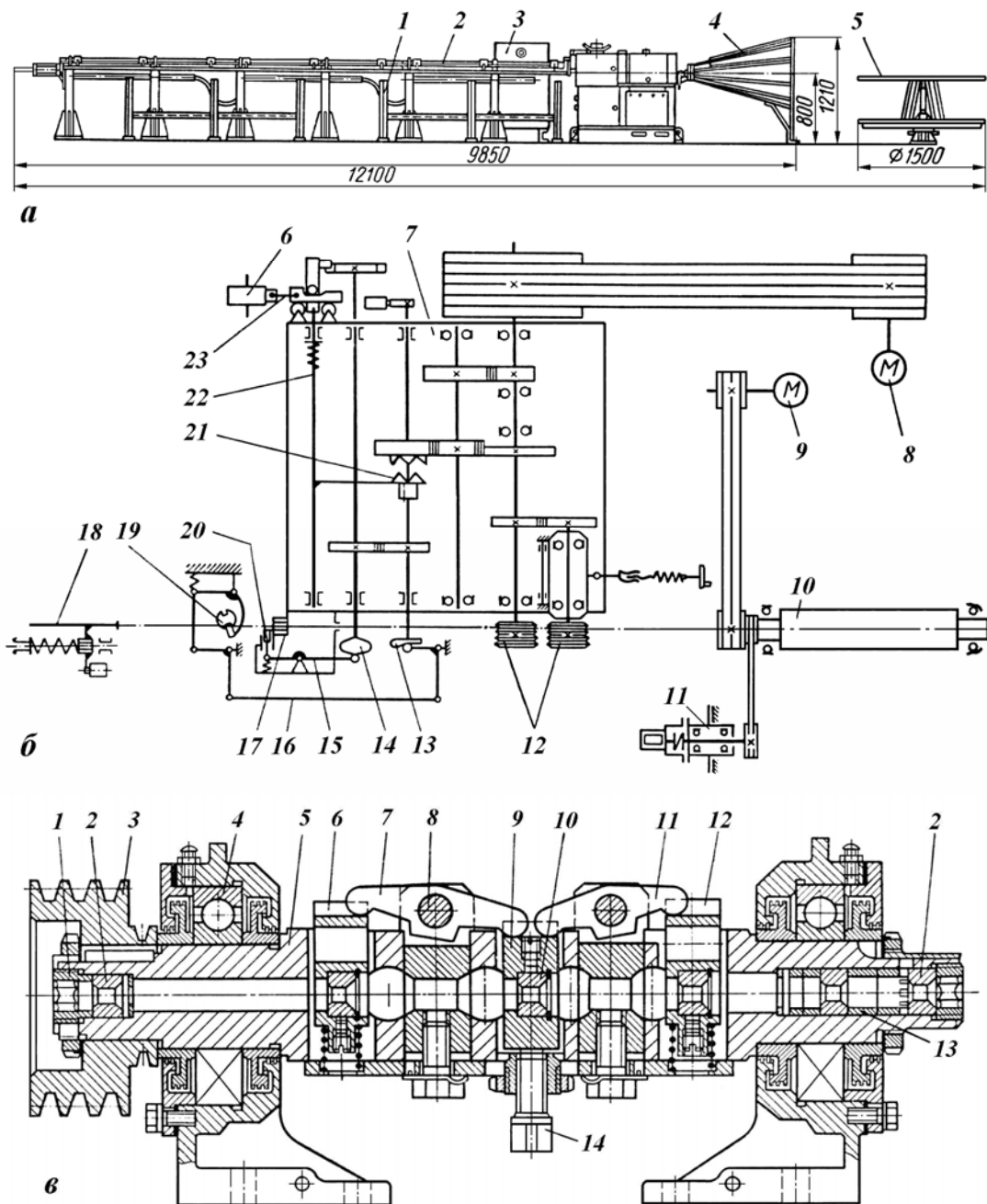


Рис. 11.11. Правильно-отрезной станок СМЖ-357:

а – общий вид станка; *б* – кинематическая схема; *в* – правильный барабан

Двухскоростной электродвигатель 9 через одну клиноременную передачу вращает правильный барабан 10, а другой соединен с механизмом, имеющим реле торможения 11 противотоком, обеспечивающим быструю остановку барабана при отключении электродвигателя 9 с пульта управления.

Каждый подающий ролик выполнен с двумя канавками для арматуры различных диаметров. По мере изнашивания канавки перешлифовывают для подачи арматуры большего диаметра, что увеличивает срок службы роликов. Верхний ролик поджимается к нижнему пружиной от штурвала, чем регулируется усилие зажатия арматуры.

В направляющей приемно-сбрасывающего устройства выполнены две канавки различной ширины для приема арматуры диаметром 4...6 мм и свыше 6 мм. Перестройка направляющей на требуемый канал осуществляется поворотом ее на 180° и фиксацией стопорными винтами. При настройке механизма реза меняют неподвижный втулочный нож: для арматуры диаметром 4...6 мм используют нож с внутренним отверстием диаметром 8 мм, а для арматуры диаметром свыше 6 мм – с отверстием диаметром 11,5 мм. Зазор между ножами должен быть в пределах от 0,05...0,15 мм для арматуры диаметром до 6 мм и 0,1...0,3 мм для арматуры диаметром свыше 6 мм.

Правильный барабан (рис. 11.11, в) представляет собой вал 5, вращающийся в подшипниках 4, с приводом через шкив 3. На концах барабана по оси установлены неподвижные фильеры 2, закрепленные втулками 13 и гайками 1. В средней части барабана в стаканах 6, 9 и 12 установлены регулируемые фильеры 10. Фильеры изготовлены из твердого сплава. Стаканы с фильерами при наладке барабана смещаются в радиальном направлении с помощью рычагов 7 и 11, валиков 8 и одного регулировочного винта 14. Величина смещения фильер зависит от диаметра и марки стали выправляемой арматуры. Так, для гладкой стали диаметром 4 мм прогиб рекомендуется равным 12 мм, для гладкой стали диаметром 6...7 мм, для стали периодического профиля класса А-III – 9 мм, А500С и В500С. Эти величины прогиба уточняются в зависимости от упругих свойств арматуры, состояния ее поверхности и скорости подачи.

Станки И-6118, СМЖ-357 и И-6022А составляют группу машин, обеспечивающих заготовку прутков всех необходимых диаметров.

Наиболее мощный станок И-6022А отличается повышенной жесткостью корпуса. Он имеет толкающие и тянущие ролики, расположенные соответственно перед правильным барабаном и после него. Это облегчает подачу арматуры, особенно большого диаметра, и позволяет меньше повреждать ее поверхность. Верхние ролики поджимают через пружины поворотными рычагами с эксцентриками. На станке И-6118 при необходимости можно заготавливать короткие прутки длиной от 100 мм, но при этом ограничивается ресурс работы электромагнита и конечного выключателя механизма реза. Станок СМЖ-588 разработан в двух исполнениях: для заготовки арматурных прутков диаметром 4...8 и 6...12 мм.

Все разработанные на кафедре СДМиО ЛИСИ (ТТМ СПбГАСУ) вибрационные механизмы правки за исключением устройств по а. с. № 296708 могут быть выполнены для одновременной правки нескольких стержней при любом их пространственном расположении (сетки, пространственные каркасы и т. п.). Использование таких механизмов правки, например в сочетании с АТМС, вместо набора многороликовых механизмов для правки продольных

стержней существенно ускоряет настройку механизма правки и этим повышает производительность.

Возможно создание станков, обеспечивающих одновременную правку нескольких стержней (нечетное количество), что позволяет более полно использовать установленную мощность и этим существенно повышает производительность. Наиболее эффективно нечетное количество нажимных элементов в каждой секции механизма правки. Например, стержень максимального диаметра обрабатывается один. По мере снижения диаметра можно выправлять 2, 3, 4, 5 стержней. Такие станки наиболее приемлемы для малых, даже мобильных предприятий, например для строительства коттеджей.

Объединение всех подвижных (четных) секций в единую виброрамку существенно упрощает конструкцию механизма правки (см. а. с. № 829255, рис. 1), и обеспечивает необходимую для качественной правки эпюру прогибов с минимальными энергозатратами, так как такая конструкция выполнена в результате расчета минимально необходимых прогибов выправляемого стержня на нажимных элементах.

Дальнейшее снижение энергозатрат достигается возможностью одновременной правки нескольких стержней, что позволяет более полно использовать мощность механизма подачи. Рамка может иметь пары любых вибровозбудителей: эксцентриковых, дебалансных, поводковых.

Расчет вибрационных механизмов правки по теории расчета барабанных механизмов невозможен, так как в этой теории учитываются только силы трения, имеющие значительную величину на плашках и фильерах, и малую величину – на роликовых нажимных элементах (рис. 11.12).

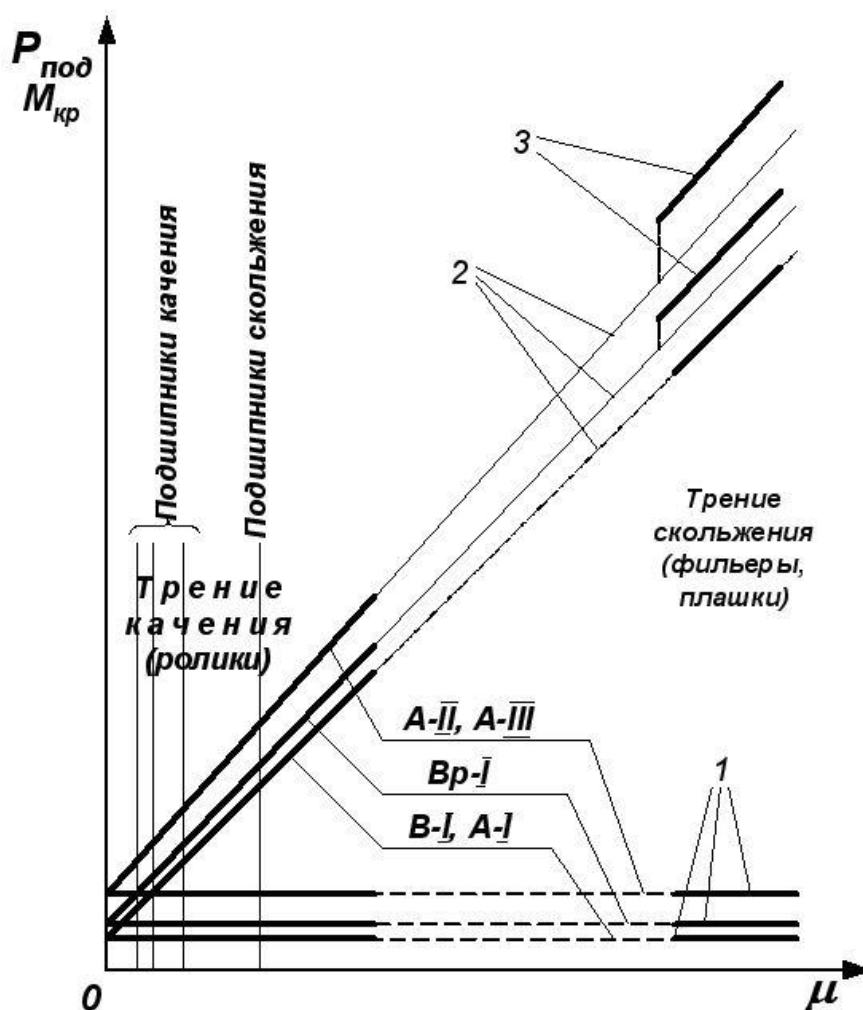


Рис. 11.12. График зависимости силы ($P_{\text{под}}$) подачи стержня и крутящего момента ($M_{\text{кр}}$) механизма правки от коэффициента трения (μ) и профиля арматурной стали:
 1 – $P_{\text{под}}$ и $M_{\text{кр}}$ при $\mu = 0$; 2 – $P_{\text{под}}$ и $M_{\text{кр}}$ при $\mu \neq 0$ для стержней гладкого профиля; 3 – $P_{\text{под}}$ и $M_{\text{кр}}$ при $\mu \neq 0$ для стержней периодического профиля

Силы правки можно рассчитать по эпюре моментов, возникающих в процессе правки в выправляемых стержнях (рис. 11.13). Известно, что на всех нажимных элементах кроме крайних возникают изгибающие моменты, соответствующие пределу текучести независимо от величины прогиба, так как «шарниры пластичности» при увеличении прогиба не увеличивают силы правки, а только увеличивают работу на их изменение.

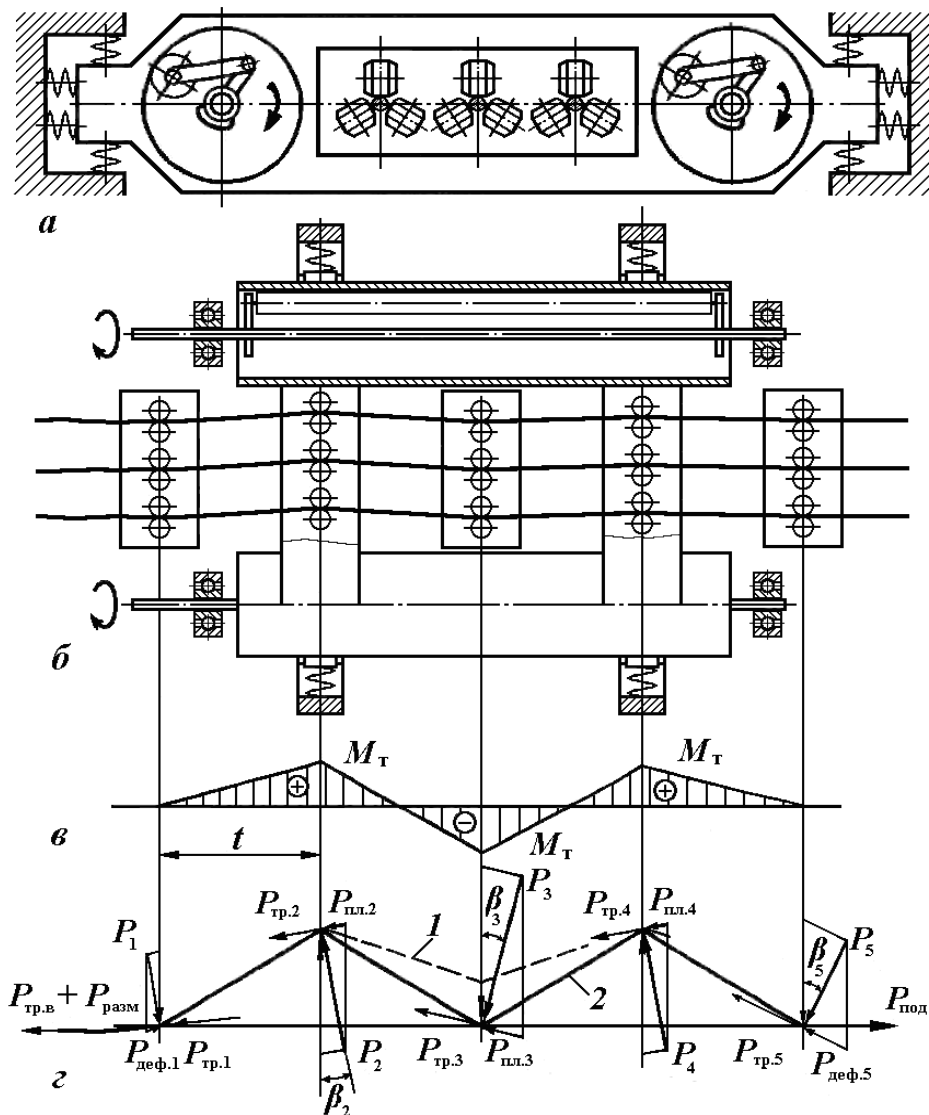


Рис. 11.13. Вибрационный механизм правки с подвижными секциями, объединенными общей рамкой: а – схема вибрационной секции; б – схема механизма правки; в – эпюры моментов в выправляемом стержне; г – эпюры прогибов стержня – расчетная (1) и конструктивная (2)

Силы правки для механизма с пятью нажимными элементами составляют:

$$P_1 = P_n \frac{M_T}{t} = \frac{1,7k \cdot 0,1d^3}{t} \sigma_T \quad (\text{из } M_T = P P_{1(n)} \cdot t);$$

$$P_2 = P_{n-1} = \frac{3M_T}{t} = \frac{1,7 \cdot k \cdot 0,3d^3 \sigma_T}{t} \quad (\text{из } M_3 = P_{1(n)} \cdot 2t - P_{2(n-1)} t = -M_T);$$

$$P_3 = \frac{4M_T}{t} = \frac{1,7k \cdot 0,4d^3 \sigma_T}{t} \quad (\text{из } M_4 = P_{1(n)} \cdot 3t - P_{2(n-2)} \cdot 2t + P_3 t = M_T);$$

$$\sum P_i = \frac{0,68d^3 k \sigma_T}{t} (n-2),$$

где n – число нажимных элементов.

Минимально необходимые прогибы, при которых стержень в зонах нажимных элементов будет находиться на границе упругости и пластичности (текучести), можно определить по формуле Мора, в которой достаточно учесть только

$$M_{\text{изг}} (f_i = \sum \int_0^l \frac{M_{P_i} \cdot M_{l_i} \cdot dl}{EI}).$$

Для механизмов с пятью нажимными элементами они составят:
 $f_1 = f_5 = 0; f_2 = f_4 = \frac{Mt^2}{3EI}; f_3 = \frac{Mt^2}{6EI}$, а для механизмов с семью и более нажимными элементами будут $f_1 = f_n = 0; f_2 = f_{n-1} = \frac{Mt^2}{2EI}; f_{i.\text{нечет}} = \frac{Mt^2}{6EI}; f_{i.\text{чет}} = \frac{Mt^2}{3EI}$.

Учтём то, что не только крайние волокна находятся в пластическом состоянии можно введением коэффициентов $l, 7$ и k , что несколько увеличит требуемые стрелки прогибов, но для уточнения необходим эксперимент. При пластическом изгибе металлического стержня круглого сечения принимается $W_{\text{пл}} = 1,7W_{\text{упр}} \approx 0,17d^3$. В сечении под силой P_i при данном соотношении $W_{\text{пл}}$ и $W_{\text{упр}}$ имеет место полный шарнир пластичности; по мере удаления от этого сечения зона пластичности уменьшается в сторону крайних волокон. Эмпирический коэффициент k учитывает неполноту «шарниров пластичности», а также влияние углов поворота на нажимных элементах ($k = 0,6 \dots 1$).

Расчетная эпюра 1, видоизмененная на эпюру 2 (рис.11.13, 2) позволяет при нечетном количестве нажимных элементов объединить четные секции в единую вибрирующую правильную рамку, а нечетные секции оставить неподвижными с $f = 0$ (рис.11.13, а.с. № 829255), что несколько увеличивает углы поворота сечений при изгибе в зонах нажимных элементов.

Усилие подачи стержня при прохождении его через механизм правки нарастает на каждом нажимном элементе. Перед первым нажимным элементом усилие подачи $P_{\text{под.0}}$ складывается из силы трения $P_{\text{тр.в}}$ определяемой моментом трения $M_{\text{тр}}$ опор вертушки, воспринимаемым стержнем на плече, равном радиусу мотка r_m , и силы размотки $P_{\text{разм}}$, вызываемой пластической деформацией изгиба ($M_{\text{т}} = \sigma_{\text{т}} \cdot 0,1d^3$). На каждом нажимном элементе добавляются сила трения $P_{\text{тр.}i}$ и сила перемещения зоны деформации по длине стержня $P_{\text{деф.}i}$ ($P_{\text{пл.}i}$):

$$P_{\text{под.0}} = P_{\text{тр.в}} + P_{\text{разм}} = \frac{M_{\text{тр.в}}}{r_m} + \frac{\sigma_{\text{т}} \cdot 0,17d^3 k}{r_m};$$

$$P_{\text{под.1}} = P_{\text{под.0}} + P_{\text{тр.1}} + P_{\text{деф.1}};$$

$$\dots\dots\dots P_{\text{под.}i} = P_{\text{под.}i-1} + P_{\text{тр.}i} + P_{\text{пл.}i};$$

$$\dots\dots\dots P_{\text{под.}n} = P_{\text{под.}n-1} + P_{\text{тр.}n} + P_{\text{деф.}n} = P_{\text{под.0}} + \sum_{i=1}^n P_{\text{тр.}i} + \sum_{i=1}^n P_{\text{деф.}i},$$

где в первом приближении без учета угла охвата стержнем нажимного элемента (из-за малой величины этого угла) можно принять, что $P_{\text{тр.}i} = P_i \cdot \mu$;

$\sum_{i=1}^n P_{\text{тр.}i} = \frac{\sigma_{\text{т}} \cdot 0,68d^3(n-2) \cdot \mu \cdot k}{t}$, а $P_{\text{деф.}i}$ определена на основании равенства работы A_i , затрачиваемой на перемещение по длине l стержня деформированной зоны, доведенной до полного «шарнира пластичности», с работой, идущей на деформацию растяжения стержня до предела текучести.

Такое допущение возможно из-за того, что сечение стержня симметрично относительно нейтральной оси, а диаграммы растяжения и сжатия для стали идентичны, в том числе и при изгибе (кососимметричная эпюра), поэтому можно принять, что при достижении полного шарнира пластичности работа на перемещение его по длине стержня, равна работе растяжения стержня на этой длине $A_{\text{раст}} = A_{\text{пер.деф}}$:

$$P_{\text{деф.}i} = \frac{A_i}{l} k = \left(\frac{A_{\text{упр.}i}}{l} + \frac{A_{\text{ост.}i}}{l} \right) k = \left(\frac{\sigma_{\text{т}} F \Delta l_{\text{упр}}}{2l} + \frac{\sigma_{\text{т}}^2 F \Delta l_{\text{ост}}}{l} \right) k = \left(\frac{\sigma_{\text{т}}^2 \pi \cdot d^2}{8E} + \frac{\sigma_{\text{т}} \pi \cdot d^2 \varepsilon_{\text{ост}}}{4} \right) k,$$

где; k и $\varepsilon_{\text{ост}}$ определяются экспериментально.

На барабанных механизмах правки $\varepsilon_{\text{ост}}$ растяжения мало, и им можно пренебречь, а на вибрационных механизмах с роликовыми нажимными элементами практически не поддается измерению, при изгибе $\varepsilon_{\text{ост}}$ практически отсутствует из-за многократной смены растяжения сжатием и наоборот,

поэтому можно принять $\sum_{i=1}^n P_{\text{деф}} = \frac{\sigma_{\text{т}}^2 \pi \cdot d^2 k (n-2)}{8E}$, где $(n-2)$ вводится

пропорционально силам P_i , вызывающим в зонах нажимных элементов деформации как упругие, так и пластические.

Приближенно, без учета углов охвата стержнем нажимных элементов усилие подачи стержня может быть определено следующим образом:

$$P_{\text{под}} = P_{\text{тр.в}} + P_{\text{разм}} + \sum P_{\text{три}} + \sum P_{\text{деф}i} = \frac{M_{\text{тр.в}}}{r_{\text{м}}} + \sigma_{\text{т}} d^2 k \left(\frac{0,17d}{r_{\text{м}}} + \frac{0,68d \cdot \mu (n-2)}{t} + \frac{\sigma_{\text{т}} \pi (n-2)}{8E} \right),$$

где d – диаметр стержня; $\sigma_{\text{т}}$ – предел текучести (максимальное значение для данной марки стали); E – модуль упругости обрабатываемой стали; $\varepsilon_{\text{ост}}$ – остаточное удлинение, возникающее за счет упрочнения крайних волокон и гистерезиса; $M_{\text{т}}$ – изгибающий момент, создающий шарнир пластичности; $r_{\text{м}}$ – радиус мотка; $M_{\text{тр.в}}$ – момент трения вертушки, учитывающий ее массу с мотком и вид опор вертушки; μ – коэффициент трения стержня о нажимные элементы (для барабанных механизмов, где возникает сухое трение скольжения в движении, необходимо учесть, что имеет место резание, оставляющее на поверхности стержня глубокие царапины по винтовой линии и вносящее неопределенность в значение μ); n – число нажимных элементов; t – шаг нажимных элементов; k – коэффициент неполноты шарниров пластичности.

На каждом нажимном элементе трения скольжения крутящий момент ($M_{i,\text{пл}}$), идущий на вращение шарнира пластичности, определяется по формуле

(рис.11.14, а, б): $M_{i,\text{пл}} = \frac{P_{i,\text{нн}} b_i - P_{i,\text{ст}} c_i}{\cos \beta_i} = \frac{P_i (b_i - c_i)}{\cos \beta_i} = \frac{T_i d}{2 \cos \beta_i}$, а $M_{i,\text{тр}}$, имеющий

место только на барабанных механизмах правки, определяется через работу

трения ($A_{\text{тр}}$): $M_{i,\text{тр}} = \frac{A_{i,\text{тр}}}{2\pi} = \frac{P_{i,\text{тр}} \cdot \pi \cdot d}{2\pi} = \frac{N_i \cdot \mu \cdot d}{2 \cos \beta_i}$.

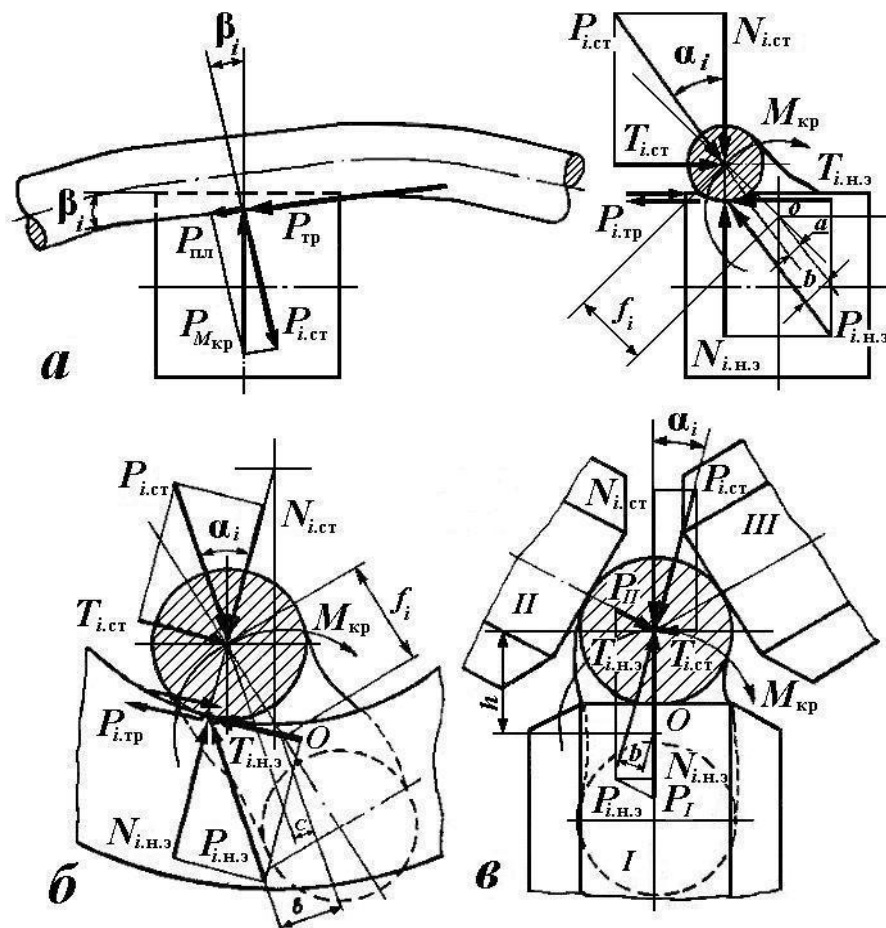


Рис. 11.14. Схемы нажимных элементов и сил, возникающих на плашке (а), в фильере (б) и в трёхроликовом нажимном устройстве (в)

Суммарный крутящий момент ($M_{кр}$) механизма правки:

$$M_{кр} = \sum M_{i.пл} + \sum M_{i.тр} = \frac{T_i d(n-2)}{2 \cos \beta_i} + \frac{N_i \mu \cdot d(n-2)}{2 \cos \beta_i} = \frac{P_i \sin \alpha_i d(n-2)}{2 \cos \beta_i} + \frac{P_i \cos \alpha_i \mu \cdot d(n-2)}{2 \cos \beta_i} = \frac{0,68 \sigma_t \cdot d^4(n-2)k}{2t \cos \beta_i} (\sin \alpha_i + \mu \cdot \cos \alpha_i),$$

где T_i и N_i – составляющие сил правки P_i (см. рис.11.13), остальные – см. обозначения к ранее приведенным формулам и в тексте.

В вибрационных механизмах правки с нажимными элементами качения (роликами, рис. 11.14, в) $M_{кр}$ необходим только для вращения шарниров пластичности:

$$M_{кр} = \sum M_{i.пл} = \frac{0,68 \sigma_t d^4(n-2)k \sin \alpha}{2t \cos \beta_i}.$$

Угол α_i в начальный момент работы механизма правки возрастает от 0° до определенного значения, средняя величина которого сохраняется в процессе работы. Угол α_i может быть определен на каждом нажимном элементе экспериментально по смещению канавок на изношенных плашках или фильерах, а также на основании равенства работ вращения шарнира пластичности на один оборот и создания крутящего момента с соответствующей эпюрой напряжения в сечении стержня.

Предложенные зависимости позволяют рассчитывать механизмы правки любого вида: роликовые, барабанные и вибрационные.

На заводах железобетонных изделий продолжают эксплуатироваться ранее выпускавшиеся станки с вращающимися ножами (С-338А, СМЖ-142А и др.). производство которых прекращено из-за недостаточной точности заготавливаемых ими прутков по длине.

Для заготовки коротких прутков на заводах железобетонных изделий эксплуатируются также специальные станки, изготавливаемые небольшими партиями или поштучно. К таким станкам относится станок СМЖ-192. В нем арматура подается через правильный барабан двумя конусными роликами и поджимается цилиндрическими роликами, которые при наладке могут перемещаться вдоль осей конусных роликов. Отрезное устройство выполнено также в виде двух конусных роликов, расположенных под углом 40° один относительно другого и вращающихся в противоположные стороны. На этих роликах закреплены ножи, длина которых равна длине образующих конусов. Все конусные ролики имеют одинаковые размеры, оси подающих и нижнего отрезного роликов параллельны, а направления вращения одинаковы. В зависимости от размещения подаваемой арматуры по тому или иному диаметру конусных роликов устанавливается длина отрезаемых прутков. Недостатком данных станков является повышенный шум, создаваемый ими при работе.

Для заготовки коротких прутков широко распространены станки с циклической подачей арматуры с цанговыми захватами, перемещаемыми двумя спаренными пневмоцилиндрами, и механизмами реза (гильотинными ножами). Такие станки, (например станок АКС-500) хотя и менее производительны, но значительно проще по конструкции и создают меньший шум. Применяются также станки, в которых арматура подается электромеханическим приводом с кривошипно-шатунным механизмом.

Станки для гибки арматурной стали придают арматурным стержням заданную форму путем устройства отгибов, крюков на концах стержней, служат для изготовления хомутов, монтажных петель и пр. Станки с ручным приводом используются для заготовки арматуры из стержней диаметром до 20 мм при небольших объемах работ. На станках с механическим приводом могут обрабатываться арматурные стержни диаметром до 90 мм. Рабочим органом станков является гибочный диск, или сектор.

Для гибки прутков арматурной стали серийно используются отечественные универсальные станки СМЖ-173А и СМЖ-179А. Выпускаемый в настоящее время станок СГА-I практически почти ни чем не отличается от станка СМЖ-173А (рис. 11.15), который включает в себя сварную раму 1, червячный редуктор 2, установленный на раме, и диск 3, закрепленный на нем. На диске прикреплен гибочный палец 4, который можно вставлять в одно из четырех отверстий диска, и центральный палец 5; на раме – опорный палец 6. Вращение на входной вал червячного редуктора передается через шестерни 7 и клиноре-менную передачу 8 от односкоростного электродвигателя 9. Необходимую частоту вращения диска получают, переставляя шестерни привода.

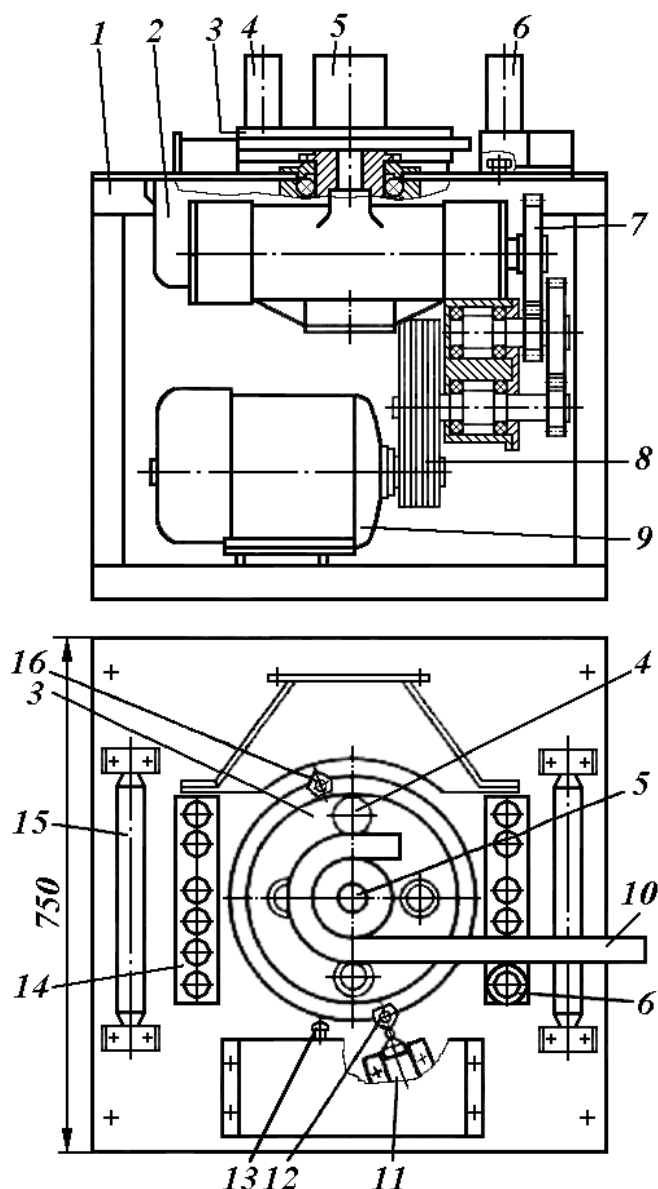


Рис. 11.15. Станок СМЖ-173А для гибки арматурных прутков

Для получения требуемого угла гибки арматурного прутка 10 с автоматической остановкой гибочного диска в нем имеется 48 отверстий, в два из которых вставляются командные кулачки 12 и 16, а на раме станка установлены два конечных выключателя 11 и 13. При повороте диска на установленный угол один из кулачков воздействует на конечный выключатель, переключающий привод на обратное вращение диска, которое осуществляется до нажатия второго кулачка на другой конечный выключатель, после чего диск останавливается в исходном положении. Для размещения опорных неподвижных пальцев 6 на столе рамы закреплены два бруска 14 с отверстиями, а для опирания прутков – ролики 15.

Станок СМЖ-179А настраивают на необходимый угол изгиба прутка настройкой реле времени. Станок имеет двухскоростной электродвигатель, что позволяет легко изменять частоту вращения диска.

Универсальные станки для гибки прутков арматурной стали выпускают и зарубежные фирмы.

Фирма Педдингхаус (ФРГ) выпускает станки, которые по конструкции механической части однотипны и имеют много унифицированных узлов.

Механизм привода гибочного диска каждого станка расположен в стальном закрытом корпусе и смазывается с помощью системы централизованного смазывания. В верхней части корпуса размещен гибочный диск с центральным и гибочным пальцами. Неподвижный опорный палец может переставляться в соответствующее отверстие одного из четырех поперечных брусков стола. Положение брусков регулируется винтами. На краях стола закреплены ролики для опирания стержней. Станки выполняют передвижными на колесах или стационарными. Диск приводится во вращение от самотормозящего электродвигателя через предохранительную муфту и многоступенчатый зубчатый редуктор. Станком управляют с пультов, расположенных на его корпусе, а также двумя педалями. Электрооборудование выполнено с использованием печатных электросхем и смонтировано в закрытых шкафах.

Станки по заказу комплектуют разными деталями и приспособлениями (роликами различного диаметра, надеваемыми на гибочные пальцы, гибочными рычагами и др.), позволяющими изготавливать разнообразные арматурные изделия (изгибать прутки с различным радиусом или одновременно несколько прутков, навивать спирали, делать хомуты и др.).

Станки различных рядов отличаются один от другого степенью автоматизации их работы и соответствующим оснащением, а также частотой вращения гибочного диска и мощностью.

Станки рядов «Специал» и «Перфект К» выполнены со сравнительно малой автоматизацией процесса гибки, позволяющей задавать угол гибки.

Станки ряда «Перфект КА» оборудованы потенциометром с предварительным заданием изгибов прутков на три различных угла, которые осуществляются в любой последовательности с управлением рычагом. Кроме того, применен поправочный потенциометр. В машине установлено запоминающее устройство, в котором учитывается частичное выпрямление изгибаемого прутка из-за упругости стали, что позволяет сделать необходимую поправку.

При замене электроаппаратуры в цепи управления, имеющей штекерное соединение, создается новая модификация станка «Перфект КА» – станок «Перфект РА», в программном блоке которого заложена возможность предварительного задания гибки на восемь различных углов. Процесс гибки выполняется автоматически без перестановки ручки задания углов гибки. При этом имеется возможность дополнить программу отдельными гибочными углами и направлениями изгиба прутков.

В станках ряда «Перфект PLA» программирование направления, углов и последовательность гибки прутков осуществляется с помощью перфокарт. Со станками поставляются перфорированные карты как со стандартными программами гибки, так и нейтральные, которые могут быть перфорированы на месте эксплуатации согласно коду.

Различные типы станков фирмы Педдингхаус позволяют использовать их в зависимости от требований эксплуатации.

Фирма Крупп (ФРГ) выпускает станки рядов В и ВВ. Станки для гибки прутков диаметром до 40 мм имеют механический привод вращения гибочного диска, а станки В 6000 и В 703 для гибки прутков диаметром соответственно до 60 и 80 мм – гидравлический привод. Исполнения станков бывают как обычное, так и с программным управлением поворотами на требуемые углы гибочного диска. Для этого используют программный диск или систему программного управления «Футуроматик», с помощью которой можно предварительно задавать до шести различных углов гибки (три влево и три вправо).

Фирма Мубеа (ФРГ) также выпускает станки с автоматизированным процессом гибки. Станок ВО32 оборудован цифровым электронным управлением с ротационным датчиком импульсов, с помощью которого предварительно задают гибку прутка на восемь углов четырех размеров, осуществляемую последовательными нажатиями педали. Нажимая кнопку возврата, можно повторить требуемые углы гибки. Каждый переключатель выбора углов имеет контрольную лампочку для визуального контроля процесса гибки.

Фирма Оффисине Мекканихе Эрнесто Сильвестри (Италия) производит универсальные гибочные станки ряда Р в обычном исполнении, а также комбинированные станки ряда РТ, оснащенные ножницами для резки стержневой арматуры. Для гибки спиралей выпускается специализированный станок «Саландра» с тремя дисками. На этом станке можно изготавливать спирали диаметром 150...200 мм из стали диаметром 6...24 мм. Станок имеет две частоты вращения гибочных дисков 10 и 20 об/мин. Для гибки четырехугольных хомутов из стали диаметром 4...12 мм с минимальной стороной 55 мм фирма выпускает специализированный станок Стафф Велокс СРЧ-12.

Фирма Рема (Италия) также производит как обычные универсальные гибочные станки ряда РА, так и гибочные станки РСА, комбинированные с ножницами. Гибочный диск на станках располагается на горизонтальном столе, а ножницы – консольно у нижней части боковой стенки корпуса. Комбинированные станки, предусматривающие как гибку, так и резку арматуры, целесообразны при небольших объемах переработки ее, когда универсальность не снижает производительность. При больших объемах переработки арматуры более выгодны специализированные станки и станки с программным управлением.

Установки для напряженного армирования железобетонных элементов. Для напряженного армирования железобетонных изделий выпускается разнообразное оборудование, которое можно подразделить по способу натяжения арматуры. Натяжение арматуры может производиться на специальные упоры стендов или упоры форм с последующей передачей усилия натяжения на затвердевший бетон, что имеет место при напряженном армировании большинства изделий. Натяжение арматуры может производиться и непосредственно на затвердевший бетон, например, при изготовлении

предварительно напряженных железобетонных труб, резервуаров, сочлененных ферм и пр.

Производят натяжение отдельных стержней, пучков или высокопрочной проволоки, разматываемой из бухты (непрерывное напряженное армирование). Натяжение может выполняться механическим, электротермическим и электро-термомеханическим способами.

Большое распространение получили гидравлические домкраты, работающие от передвижных насосных станций. Основными характеристиками гидравлических домкратов являются их тяговое усилие (2,5...160 т), давление в цилиндре (до 40 МПа) и ход поршня (45...100 мм).

Сварка сеток или каркасов из стержней относительно малых диаметров производится на специализированных машинах с применением точечной контактной сварки. Стержни больших диаметров свариваются на специальных стендах сварочными клещами или электродуговой сваркой.

Подвесную машину МТП-806 применяют для сварки арматурных каркасов. В ее состав входят основной блок, токоведущие кабели и сварочные клещи. В основной блок входят сварочный трансформатор, пневмоаппаратура и электрооборудование. В нижней части трансформатора расположены выводы вторичных витков, к которым прикреплены токоведущие кабели, а в верхней части – шпильки первичной обмотки, к которым подсоединены провода от переключателей ступеней. Обмотки трансформатора залиты эпоксидным компаундом, его охлаждение производится проточной водой. Электрооборудование, расположенное на основном блоке, включает в себя панель аппаратуры и пульт управления. На панели размещены два переключателя ступеней и штекерные разъемы для соединения со шкафом управления, клапаном и кнопкой клещей. На пульте управления имеются сигнальная лампа и кнопка аварийного отключения машины. В шкафу управления расположены регулятор цикла сварки, тиристорный контактор, панель аппаратуры и автоматический выключатель, с помощью которого подается и снимается напряжение сети и осуществляется ее защита от коротких замыканий.

Сварочные клещи КТП-8-2 с осевым ходом электродов (рис. 11.16) работают от сжатого воздуха и состоят из корпуса 1 с закрепленным на нем электрододержателем 2 с неподвижным электродом 3 пневмоцилиндром 6 с электрододержателем 5 и подвижным электродом 4, переставных рукояток 8 и кнопки 7 управления.

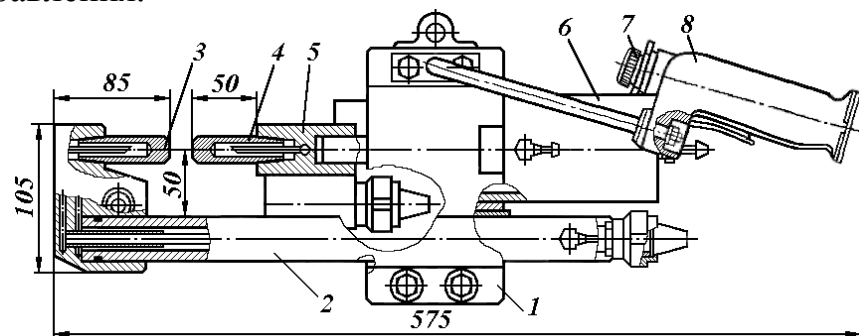


Рис. 11.16. Сварочные клещи КТП-8-2

На машине МТП-806 могут быть установлены клещи КТП-8-1 с радиальным ходом электродов, электрододержатели которых поворачиваются вокруг оси.

Подвесная сварочная машина МТП-807 отличается от машины МТП-806 тем, что ее клещи имеют гидравлический привод, в котором масло нагнетается с помощью пневмогидравлического усилителя, представляющего собой выполненный вместе блок из гидроцилиндра небольшого диаметра, соединенного с клещами, и пневмоцилиндра большого диаметра, соединенного через пневмо-клапан давления с пневмолинией цеха. Развиваемое в гидролинии давление больше давления в пневмолинии во столько раз, во сколько площадь поршня пневмоцилиндра усилителя больше площади его гидроцилиндра. Возврат поршня клещей с подвижным электродом осуществляется от пружины.

На этих машинах свариваются стержни диаметром от 5+5 до 16+16 мм.

Приведенные машины имеют сварочные клещи, соединенные токоведущими кабелями с отдельным трансформатором. В то же время сварочный трансформатор располагают и в корпусе клещей. В этом случае к ним не подводятся тяжелые кабели, но сами клещи более тяжелые и требуют подвесок, позволяющих легко маневрировать с ними. К этому типу клещей относят отечественные клещи К-243В и клещи французской фирмы ARO.

11.3 Машины для изготовления железобетонных изделий и конструкций

11.3.1. Машины и оборудование для транспортирования бетонных смесей

Для транспортирования товарных бетонных и растворных смесей на расстояния более 1 км от смесительных установок и заводов на строительные объекты применяют специализированные автотранспортные средства на базе шасси грузовых автомобилей – авторастворовозы, автобетоновозы и автобетоносмесители, оснащенные технологическим оборудованием для предотвращения потерь и сохранения качества смесей в пути следования. В некоторых случаях жесткие смеси перевозят в специально оборудованных автосамосвалах. На крупных стройках смеси перевозят в бункерах, бадьях, контейнерах, установленных в кузовах автомобилей или на железнодорожных платформах. Транспортирование смесей к месту укладки на небольшие расстояния во внутрипостроечных условиях осуществляется наиболее эффективно средствами трубного транспорта – бетоно- и растворонасосами, бетоно- и растворонагнетателями. При транспортировании по трубам обеспечивается непрерывность перемещения смеси в горизонтальном и вертикальном направлениях, сохраняется качество смеси и сводятся к минимуму ее потери. Трубный транспорт позволяет доставлять смеси в труднодоступные места и вести работы по их укладке в стесненных условиях.

На качество смесей, перевозимых специализированным автотранспортом, влияют продолжительность перевозки, температура смеси и окружающей среды, состояние дорожного покрытия.

Автобетононасосы предназначены для подачи свежеприготовленной бетонной смеси с осадкой конуса 6...12 см в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки при возведении сооружений из монолитного

бетона и железобетона. Они представляют собой самоходные мобильные бетонотранспортные машины, состоящие из базового автошасси, бетононасоса с гидравлическим приводом и шарнирно сочлененной стрелы с бетоноводом для распределения бетонной смеси в зоне действия стрелы во всех ее пространственных положениях. Автобетононасосы конструктивно подобны и оборудуются двухцилиндровыми гидравлическим поршневыми и роторно-шланговыми бетононасосами.

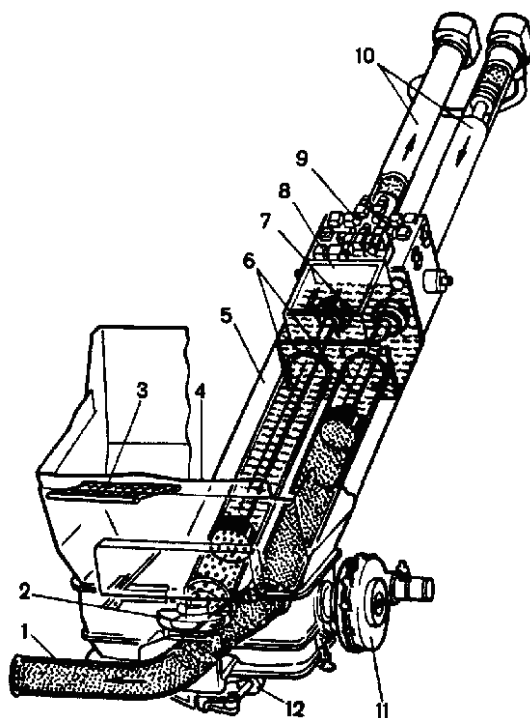


Рис. 11.17. Гидравлический поршневой бетононасос

Поршневой гидравлический бетононасос (рис. 11.17) состоит из двух бетонотранспортных цилиндров 6, поршни которых получают синхронное движение во взаимно противоположных направлениях от индивидуальных рабочих гидроцилиндров 10, осуществляя попеременно такт всасывания смеси из приемной воронки 3 и такт нагнетания ее в бетоновод 1. Движение поршней согласовано с работой поворотной бетонораспределительного устройства 2, поворот которого на определенный угол осуществляется с помощью двух гидроцилиндров 12. Когда в одном из бетонотранспортных цилиндров бетонная смесь всасывается из воронки, во втором через поворотную трубу распределительного устройства смесь нагнетается в бетоновод 1. В конце хода нагнетания распределительное устройство изменяет свое положение одновременно с переключением хода приводных гидроцилиндров с помощью следящей системы. Приемная воронка оборудована в верхней части решеткой 4, а в нижней – лопастным побудителем с приводом 11.

Бетонотранспортные цилиндры помещены в корпус 5, имеющий резервуар 8 для промывочной воды и сообщающийся со штоковыми полостями бетонотранспортных цилиндров. Промывочную воду сливают в бетонотранспортный цилиндр через спускное отверстие, перекрываемое крышкой с рукояткой 7. Бетононасос снабжен электрогидравлическим блоком управления 9.

Гидравлический привод обеспечивает более равномерное движение смеси в бетоноводе, предохраняет узлы насоса от перегрузок и позволяет в широком диапазоне регулировать рабочее давление и производительность машины. Двухпоршневые бетононасосы с гидравлическим приводом обеспечивают диапазон регулирования объемной подачи от 5 до 65 м³/ч при максимальной дальности подачи до 400 м по горизонтали и до 80 м по вертикали.

Техническая производительность (м³/ч) поршневых бетононасосов:

$$P_T = 3600 A n K_n,$$

где A – площадь поперечного сечения поршня, м²; l – длина хода поршня, м; n – число двойных ходов поршня, с⁻¹; $K_n = 0,8...0,9$ – коэффициент наполнения смесью бетонотранспортного цилиндра.

Главным параметром автобетононасосов является объемная подача (производительность) в м³/ч.

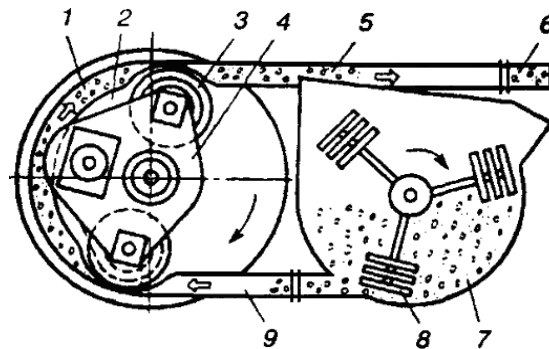


Рис. 11.18. Роторно-шланговый бетононасос

В беспоршневом роторно-шланговом бетононасосе с гидравлическим приводом (рис. 11.18) два резиновых ролика 3 ротора 4 прокатываются по участку эластичного шланга 1, заключенному в полукольцевой насосной камере 2, и выдавливают из него бетонную смесь в напорный рукав 5, соединенный с бетоноводом 6. Во всасывающем рукаве 9 за счет упругого восстановления формы шлангом создается разрежение, необходимое для засасывания бетонной смеси из приемного бункера 7 с лопастным смесителем 8, непрерывно перемешивающим смесь. Современные роторно-шланговые бетононасосы имеют производительность 30...70 м³/ч и обеспечивают подачу бетонной смеси до 300 м по горизонтали и до 70 м по вертикали.

В качестве сборно-разборных бетоноводов бетононасосных установок используют стальные длиной до 3 м бесшовные трубы постоянного диаметра на всем его протяжении. Прочность и герметичность соединения труб на стыках обеспечивается специальными быстродействующими рычажными замками.

Насосы с гидравлическим приводом выпускают в стационарном и передвижном вариантах, включая модели на шасси автомобилей со стреловым оборудованием (автобетононасосы).

Автобетононасос (рис. 11.19) подает товарный бетон в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки с помощью распределительной стрелы 4 с бетоноводом 9 или инвентарного бетоновода. Распределительная стрела состоит из трех шарнирно сочлененных секций, движение которой в вертикальной плоскости сообщается гидроцилиндрами двустороннего действия

5, 7 и 11. На раме автобетононасоса смонтированы гидробак 6, бак для воды 10 и компрессор 12. Стрела монтируется на поворотной колонне 3, опирающейся на раму 15 шасси 1 через опорно-поворотное устройство 2, поворачивается в плане на 360° гидравлическим поворотным механизмом и имеет радиус действия до 19 м. Прикрепленный к стреле шарнирно сочлененный секционный бетоновод 9 заканчивается гибким шлангом 13. Бетонная смесь подается в приемную воронку 14 бетононасоса 8 из автобетоносмесителя или автобетоновоза. При работе автобетононасос опирается на выносные гидравлические опоры 16. Автобетононасосы имеют переносной пульт дистанционного управления движениями стрелы, расходом бетонной смеси и включением-выключением бетононасоса, что позволяет машинисту находиться вблизи места укладки смеси.

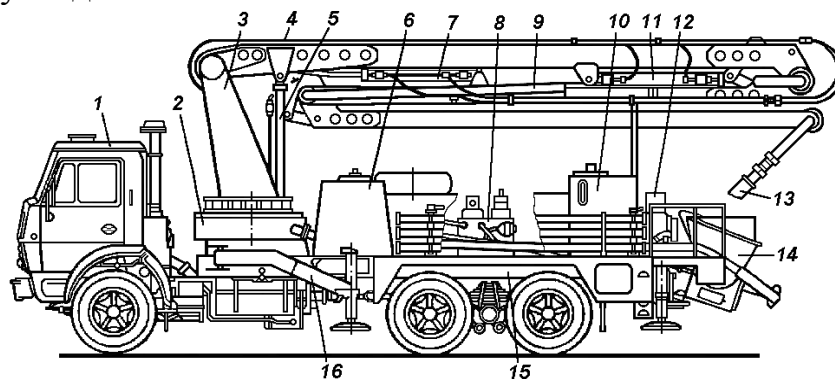


Рис. 11.19. Автобетононасос

11.3.2. Машины для формирования железобетонных изделий и конструкций

Бетонная смесь после укладки ее в опалубку сооружения или в форму подвергается уплотнению. При этом из смеси выделяются частицы воздуха, избыточная влага, в ней ликвидируются пустоты, уменьшается пористость, происходит лучшее заполнение формы или опалубки. Увеличение плотности бетонной смеси повышает ее однородность, прочность бетона, его водонепроницаемость и морозостойкость. Уплотнение бетонной смеси производится вибрированием.

В заводских условиях на конвейерных линиях форма устанавливается на виброплощадке. Созданы различные виды вибрационного оборудования для формирования железобетонных изделий. Наряду с виброплощадками с вертикальными колебаниями внедрены виброплощадки с горизонтальными колебаниями, в том числе работающие в резонансном режиме.

При стандовом производстве, включая и кассетное, а также при уплотнении смеси в опалубке применяют переносные вибраторы – навесные, глубинные и поверхностные. Рабочим органом переносных вибраторов является вибровозбудитель (вибрационный элемент). По роду привода вибровозбудителей переносные вибраторы разделяются на механические, электромагнитные и пневматические. Наибольшее распространение получили механические вибраторы с электрическим приводом.

Эффективность уплотнения зависит, в частности, от частоты и амплитуды колебаний вибрационного элемента. Для уплотнения бетона применяются вибраторы с частотой 3000...15000 колебаний в минуту и с амплитудой

0,1...3,0 мм. Низкая частота колебаний при большой амплитуде применяется для уплотнения смеси с крупными заполнителями, а вибрация с большей частотой колебаний и меньшей амплитудой – для смеси с мелкими заполнителями. В зависимости от способа передачи колебаний бетонной смеси вибраторы разделяются на поверхностные, внутренние и наружные.

Поверхностные вибраторы устанавливают основанием (площадкой) на поверхность уплотняемой бетонной смеси и перемещают в процессе работы по этой поверхности. Например, поверхностные вибраторы применяют при изготовлении плит с арматурой в виде сеток, при бетонировании фундаментов, устройстве бетонных дорожных покрытий и т.п.

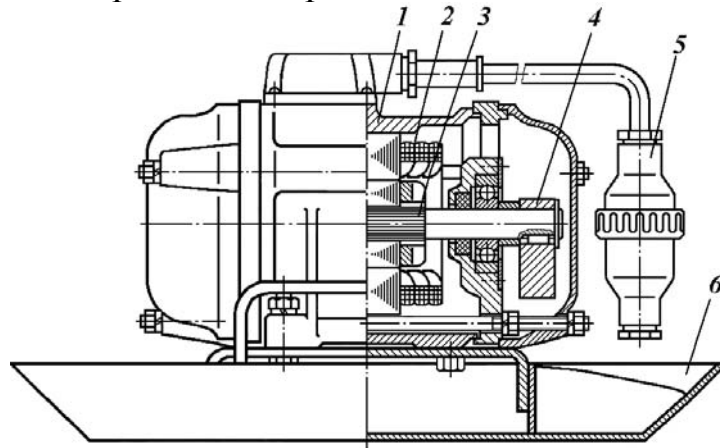


Рис. 11.20. Поверхностный вибратор:

1 – электродвигатель; 2 – ротор электродвигателя; 3 – вал ротора; 4 – дебаланс; 5 – штепсельное соединение; 6 – поддон (площадка)

Поверхностный вибратор (рис. 11.20) состоит из возбуждателя колебаний, укрепленного болтами на основании, передающем колебания на уплотняемую бетонную смесь. Возбудителем колебаний служит электрический двигатель трехфазного переменного тока с короткозамкнутым ротором, на валах 3 которого укреплены посредством шпонок два эксцентриковых дебаланса 4. Основание (корпус) вибратора имеет форму корыта с плоской подошвой и с приваренными ребрами жесткости. Электрический ток подводится кабелем с разъемным штепсельным соединением.

Производительность поверхностных вибраторов зависит от размеров опорной поверхности, глубины распространения вибрации и длительности вибрирования. Действие вибрации распространяется на глубину 200...300 мм, продолжительность вибрирования на одном месте зависит от жесткости бетонной смеси и в среднем составляет 40 сек.

Разновидностью поверхностных вибраторов являются виброрейки и вибробрусья, имеющие удлиненную площадку, на которой размещены один или несколько возбуждателей колебаний. Такие вибраторы иногда применяются при устройстве бетонных дорожных покрытий и т.п.

Внутренние (глубинные) вибраторы предназначены преимущественно для уплотнения бетонной смеси при укладке ее в монолитные конструкции. В вибраторах этого типа вибрационный элемент либо заключен вместе с двигателем в общий влагонепроницаемый корпус, погружаемый в уплотняемую бетонную смесь, либо соединен с электродвигателем гибким валом.

На рис. 11.21, *а* показано устройство глубинного вибратора – вибробулавы. Вибратор состоит из стального цилиндрического корпуса, штанги с амортизатором и рукояткой. В корпусе на шарикоподшипниках размещен вал с дебалансом, приводимый во вращение от электродвигателя. Внутри штанги проходит кабель, подводящий электрический ток. Амортизатор 4 предназначен для гашения колебаний, передаваемых на рукоятку, служащую для переноса и перемещения вибратора в процессе его работы. В нижней торцевой части корпуса вибратора приварены скошенные ребра 10, препятствующие вращению корпуса вибратора при его работе. Работа вибратора начинается после установки его на бетонную смесь и включения электродвигателя. После этого вибратор погружается на заданную глубину. Вал с дебалансом, вращаясь, передает через корпус круговые колебательные движения, распространяющиеся на бетонную смесь в радиусе 0,5...0,6 м. Продолжительность вибрирования бетонной смеси на одном месте составляет 30...40 сек в зависимости от ее жесткости.

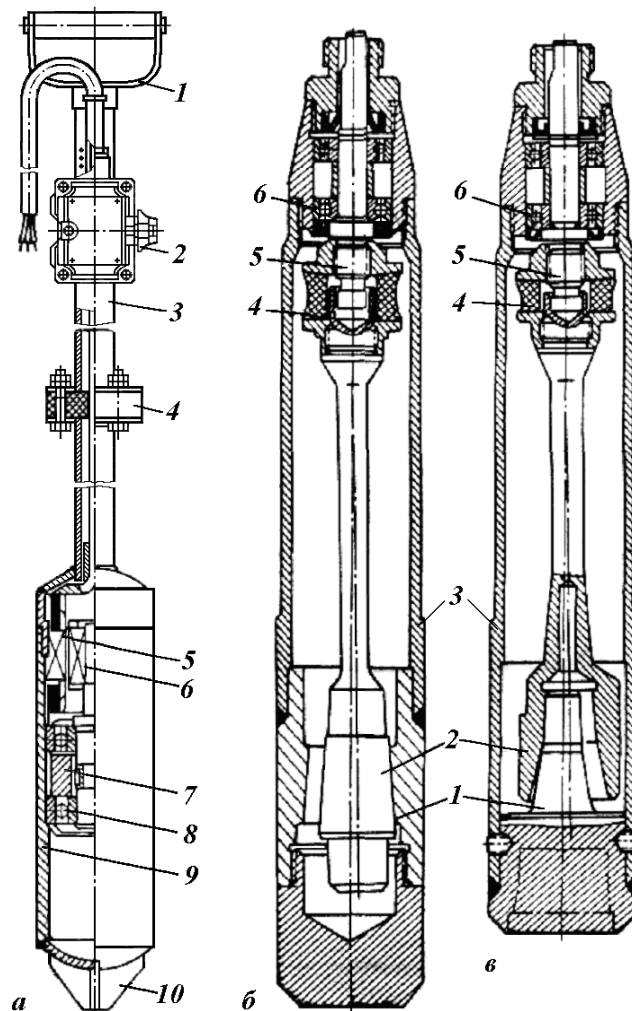


Рис. 11.21. Глубинные вибраторы:

а – вибробулава: 1 – рукоятка; 2 – выключатель; 3 – штанга; 4 – амортизатор; 5 – статор; 6 – ротор; 7 – вал с дебалансами; 8 – подшипник; 9 – корпус; 10 – ребра стабилизатора; *б, в* – вибровозбудители планетарного типа: *б* – с наружной обкаткой, *в* – с внутренней обкаткой: 1 – беговая дорожка; 2 – бегунок; 3 – корпус; 4 – упругая муфта; 5 – шпindel; 6 – подшипник

На рис. 11.21, *б* и *в* представлено устройство вибровозбудителей колебаний планетарного типа внутреннего вибратора. Такой возбудитель

колебаний может быть выполнен с наружной (рис. 11,21, б) или с внутренней (рис. 11.21, в) планетарной обкаткой бегунка по беговой дорожке.

При вращении бегунка 2, соединенного с приводным валом шарнирно посредством упругой муфты, бегунок под действием центробежной силы приходит в соприкосновение с беговой дорожкой 1, образуемой внутренней поверхностью конической части или поверхностью центрального пальца корпуса виброэлемента. Бегунок приводится во вращение от двигателя через упругую муфту шпинделя 5. Колебания передаются через корпус на уплотняемую бетонную смесь. Во внутренних вибраторах с возбудителями колебаний планетарного типа частота колебаний при неизменном числе оборотов вала двигателя зависит от соотношения диаметров бегунка и беговой дорожки.

Для уплотнения бетонной смеси в блоках массивных сооружений применяются пакеты вибраторов, представляющие собой жесткую стальную сварную раму с укрепленным на ней комплектом внутренних вибраторов в количестве 4...8 штук. Вибраторы посредством штанг с амортизаторами прикреплены к раме, имеющей подвеску для подъема и опускания пакета. Питание вибраторов электроэнергией осуществляется посредством подведенных кабелей от клеммной раздаточной коробки, соединенной с электрошкафом (с пусковой аппаратурой) и пультом управления. Погружение пакета вибраторов в бетонную смесь и подъем их производятся краном.

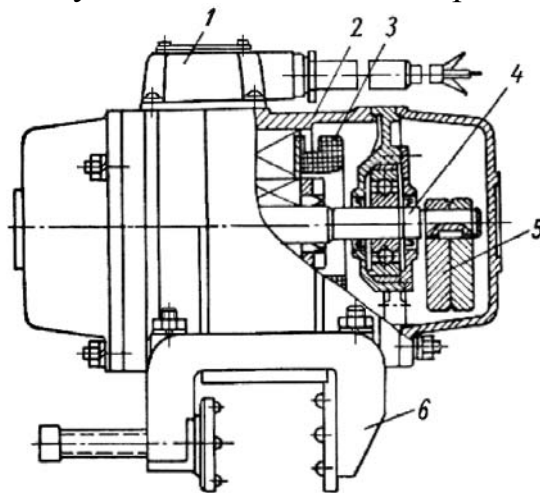


Рис. 11.22. Наружный вибратор:

1 – клеммная коробка; 2 – корпус; 3 – статор двигателя; 4 – ротор двигателя с валом; 5 – дебалансы; 6 – тистовый зажим

Наружные вибраторы применяются в тех случаях, когда невозможно использовать поверхностные или глубинные, например, для уплотнения бетонной смеси при изготовлении различных тонкостенных конструкций с часто расположенной арматурой, в частности при изготовлении панелей в кассетах и т.п. Вибраторы этого типа передают колебания бетонной смеси через опалубку или стенки формы изделий, к которым они крепятся с помощью различных устройств. Наружные вибраторы широко используются и для интенсификации выгрузки сыпучих и других материалов из бункеров, бадей и т.п. На рис. 11.22 показан наружный вибратор. В корпусе вибратора размещен электродвигатель

трехфазного переменного тока. На консольных концах удлиненного вала ротора размещены регулируемые эксцентриковые дебалансы 5. Корпус вибратора прикреплен болтами к тискам 6, посредством которых он крепится к опалубке или к форме изделия. Питание вибратора осуществляется посредством кабеля через клеммную коробку. Конструкция вибратора позволяет изменять величину возмущающей силы путем установки частей дебалансов под углом друг к другу.

Г л а в а 1 2

Машины для строительства и ремонта дорог

Строительство дорог зависит от рельефа местности, свойств грунта и многих других факторов. В строительстве дорог используются машины, рассмотренные в предыдущих главах. Машины для земляных работ, транспортные средства, непрерывный транспорт, погрузчики участвуют в подготовке дорожного основания, в производстве материала для дорожных покрытий. При строительстве эстакад на некоторых участках дорог и дорожных развязок используются машины для устройства свайных оснований или погружения свай-оболочек, а также грузоподъемные машины. Поэтому ниже приводятся только специализированные машины, в основном для строительства дорожных покрытий.

12.1. Машины для строительства усовершенствованных покрытий облегченного типа

При создании покрытий из стабилизированных грунтовых, гравийных материалов, из «черного» щебня, а также при строительстве усовершенствованных покрытий (асфальтобетонных и бетонных) перемешивание материалов является одним из основных процессов. В соответствии с технологией производства работ машины для перемешивания на месте по назначению классифицируют на машины для приготовления смеси на дороге и машины для приготовления смеси в стационарных смесительных установках.

Постройка дорожных покрытий смешиванием материалов на месте осуществляется измельчением и укреплением, т.е. стабилизацией местных (или частично привозных) грунтов, находящихся на трассе дороги. Их перемешивают с органическими (дегти, битумы, эмульсии) либо неорганическими (цемент, известь) вяжущими материалами. Другой способ заключается в перемешивании местных или привозных гравийно-щебеночных материалов с вяжущими. В первом случае для стабилизации грунта применяют фрезы. Органические вяжущие вводятся самим смесителем или автогудронатором. Для ввода неорганических вяжущих (цемента) используют специальные распределители. Гравийно-щебеночные материалы с вяжущими перемешиваются передвижными смесителями, которые снабжены устройствами для ввода вяжущих.

Машины для приготовления смесей на дороге разделяют на многопроходные и однопроходные. Многопроходные машины выполняют необходимый комплекс технологических операций по приготовлению смесей за несколько проходов по одному следу. К машинам этой группы относят ножевые смесители и фрезы.

Дорожные фрезы подразделяются на прицепные и навесные. Применяются они при небольших объемах работ. Распределители цемента устанавливаются на тех же базовых машинах, что и фрезы. Отечественной промышленностью выпускаются однопроходные грунтосмесители мощностью 300 л.с. на пневматическом ходу, выполняющие большие объемы работ. В зарубежной практике применяются смесители на гусеничном ходу.

Принцип работы дорожной фрезы заключается в следующем: фрезерный рабочий орган, вращающийся с большой окружной скоростью, срезает тонкую стружку грунта и отбрасывает ее к задней стенке кожуха фрезы, измельчая грунт. После измельчения, при последнем проходе, в распыленный грунт подается струя жидкого битума, который перемешивается, образуя смесь, укладываемую в основание или покрытие дороги. Толщина стружки, срезаемой фрезой, зависит от окружной скорости рабочего органа и скорости его подачи; изменение этих параметров влияет на изменение мощности, потребляемой для работы фрезы. Измельчение грунта фрезой тем интенсивнее, чем меньше скорость движения машины. Это объясняется тем, что при постоянном числе оборотов барабана на единицу длины обрабатываемой полосы приходится тем больше ударов лопаток, чем медленнее барабан подается вперед, и при уменьшении скорости движения вперед каждая лопатка срезает стружку меньшей толщины.

Однопроходный грунтосмеситель позволяет производить одновременно подготовку и перемешивание грунта. Рабочие органы такой машины включают рыхлительный барабан с жесткими лопатками, фрезу-измельчитель с гибкими лопатками, мешалку и уплотнитель.

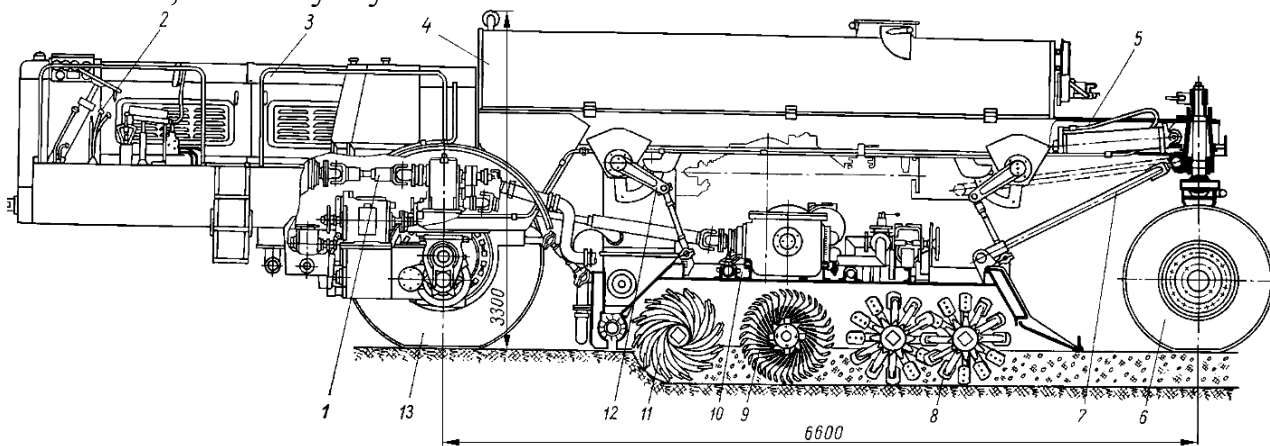


Рис.12.1. Однопроходный грунтосмеситель:

1 – карданный вал привода рабочих органов; 2 – рычаги управления; 3 – двигатель; 4 – цистерна; 5 – рама; 6 – задние управляемые колеса; 7 – механизм подъема задней части рамы рабочих органов; 8 – двухвальная мешалка; 9 – фреза с гибкими лопатками; 10 – механизм привода рабочих органов; 11 – рыхлитель; 12 – механизм подъема передней части рамы рабочих органов; 13 – передние ведущие колеса

Многороторный однопроходный грунтосмеситель (рис. 12.1) состоит из рамы 5, опирающейся на две оси с шинами крупных размеров низкого давления. Задняя ось благодаря сплошному расположению колес 6 выполняет функцию катка на пневматиках. Между осями подвешена рама рабочих органов, имеются четыре ротора 8, 9 и 11. Гидравлическая подвеска допускает раздельный подъем и опускание переднего и заднего концов рабочей рамы, что

и дает возможность вводить в работу либо рыхлитель с измельчителем, либо мешалку.

Машина имеет гидравлическое рулевое управление задними колесами. На раме установлены цистерна 4 и промежуточные емкости для вяжущих и система дозирования воды, цемента или битума, цемент распределяется по ширине обрабатываемой полосы дороги шнеком.

Производительность фрезы на различных операциях (рыхление, измельчение, перемешивание) определяется по формуле:

$$Q = \frac{vBhTk_b \cdot 1000}{m(T + t)} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где v – скорость движения в км/ч; B – ширина полосы, обрабатываемой за один проход, в м; h – толщина стабилизируемого слоя в м; m – потребное число проходов по одному месту; T – продолжительность рабочего хода фрезы в мин; k_b – коэффициент использования рабочего времени, включая время технологического простоя, например ожидания распределения цемента ($k_b = 0,65 \dots 0,75$); t – время поворота на обратный ход в мин.

Для однопроходного грунтосмешителя $m = 1$ и $t = 0$. Следовательно, в этом случае $Q = 1000vBhk_b$.

Для перемешивания гравийно-щебеночных материалов с вяжущими применяют трехагрегатный комплект. Комплект состоит из многоковшового погрузчика на гусеничном ходу, являющегося одновременно тягачом, передвижного смесителя и самоходного укладчика. В качестве последнего обычно используют асфальтоукладчик или автогрейдер. Комплект может использоваться для смешивания материалов на дорожном полотне, а сам смеситель – и в стационарных условиях. Приготовленная на базах смесь вывозится автосамосвалами на строительство дороги и там укладывается. В комплект в этом случае входят только погрузчик и смеситель.

Высушенный минеральный материал доставляется на полотно сооружаемой дороги и укладывается автогрейдерами в продольный валик. Многоковшовый погрузчик, надвигаясь на валик, захватывает минеральный материал и подает его элеватором в бункер лопастного смесителя, буксируемого погрузчиком. В смесителе минеральный материал грубо дозируется и опрыскивается вяжущим. Приводы пластинчатого дозатора минеральных материалов и насоса-дозатора вяжущих, имеющих на смесителе, заблокированы так, что заданное соотношение между количеством минерального заполнителя и битумом, необходимое для образования смеси, строго выдерживается независимо от скорости движения смесительного агрегата по дороге. Из смесителя смесь через направляющий лоток выгружается в бункер укладчика, который раскладывает ее по дороге слоем заданной толщины, или укладывается валиком для последующего распределения автогрейдерами. В случае необходимости к комплекту придается прицепной сушильный барабан на пневматиках, который можно использовать для дополнительной просушки сильно увлажненных минеральных материалов (после дождей) перед их смешиванием с вяжущими. Вяжущие к грунтосмесителю подаются: цемент – цементовозами, а битум – битумовозами или автогудронаторами.

Гудронаторы предназначены для распределения вяжущих материалов (битумов, дегтей, эмульсий) по поверхности дорожного покрытия и классифицируются по следующим признакам: по способу перемещения – самоходные, прицепные, ручные; по емкости цистерны – 200...400; 3500...5000; 7000 и 15000 л. Вяжущий материал распределяют под давлением $5...6 \text{ кг/см}^2$ (0,5...0,6 МПа) двумя способами: шестеренчатым насосом или воздухом, подаваемым специальным компрессором. Гудронаторы должны равномерно распределять вяжущий материал по покрытию и точно соблюдать норму расхода материала, поддерживая на одном уровне рабочую температуру вяжущего.

Автогудронаторы монтируются на автомобильных шасси или выполняются полуприцепными к автомобильным тягачам; они состоят из цистерны с нагревательной и распределительной системами и насосной установки с трубопроводами.

Цистерны изготовляют эллиптической или цилиндрической формы из листовой стали. Поверхность их имеет теплоизолирующий слой из стеклянной ваты, проложенной между стенками цистерны и кожухом. Внутри цистерны имеются перегородки для уменьшения силы удара жидкости о стенки во время движения автогудронатора. Сверху расположен загрузочный люк с фильтром. В цистерне устанавливается поплавковый указатель уровня вяжущего, который связан со стрелкой на шкале, установленной на задней стенке цистерны. Сбоку помещается термометр для измерения температуры вяжущего. Внутри установлены жаровые трубы и сливная труба, предохраняющая от переполнения цистерны.

Распределительная система автогудронатора позволяет выполнить следующие операции: перекачивать горячий или холодный вяжущий материал из котла в цистерну, перемешивать материал во время подогрева, распределять вяжущее через сопла распределительных труб (розлив), выполнять односторонний розлив (правый или левый), распределять вяжущее через ручной распределитель, распределять вяжущее с перепуском части его в цистерну, отсасывать остатки вяжущего из распределительной системы, перекачивать вяжущее из одной емкости в другую, освобождать цистерну от остатков вяжущего. На рис. 12.2 показано положение кранов автогудронаторов и движение вяжущего материала при выполнении различных операций.

Цистерну наполняют следующим образом: шестеренчатый насос 3 засасывает через приемный патрубок 2 и подает вяжущий материал в вертикальный трубопровод 4 через трехходовый кран 1. Затем материал поступает в горизонтальный трубопровод 7, краны 6, трубопровод 5, нагнетательную трубу 8 и в цистерну. При циркулировании битума в период его нагревания из цистерны через открытый клапан 9 и трехходовый кран битум подается насосом в вертикальный трубопровод и далее через трубопровод 7 в трехходовые краны, трубопроводы 5 и 8 обратно в цистерну. Вяжущий материал из цистерны подается насосом через трубопроводы 4 и 7 и краны 6 в распределительные трубы для розлива. Для одностороннего (левого

или правого) розлива открывают один из кранов 6 (левый или правый). Движение жидкости при других операциях видно на схеме.

Распределительные трубы предназначены для равномерного разбрызгивания вяжущего материала по покрытию. В отверстия труб вставлены сопла различной конфигурации. В некоторых конструкциях предусматривается возможность централизованной очистки сопел при застывании в них битума. Средняя, основная труба монтируется на машине постоянно, а боковые удлинители наращиваются в зависимости от требуемой ширины розлива. Трубы соединены шаровыми сочленениями, позволяющими поднимать и опускать их на нужную высоту, а также повернуть распределительную трубу соплами вверх по окончании розлива, чтобы битум не затекал в сопла и не застывал в них.

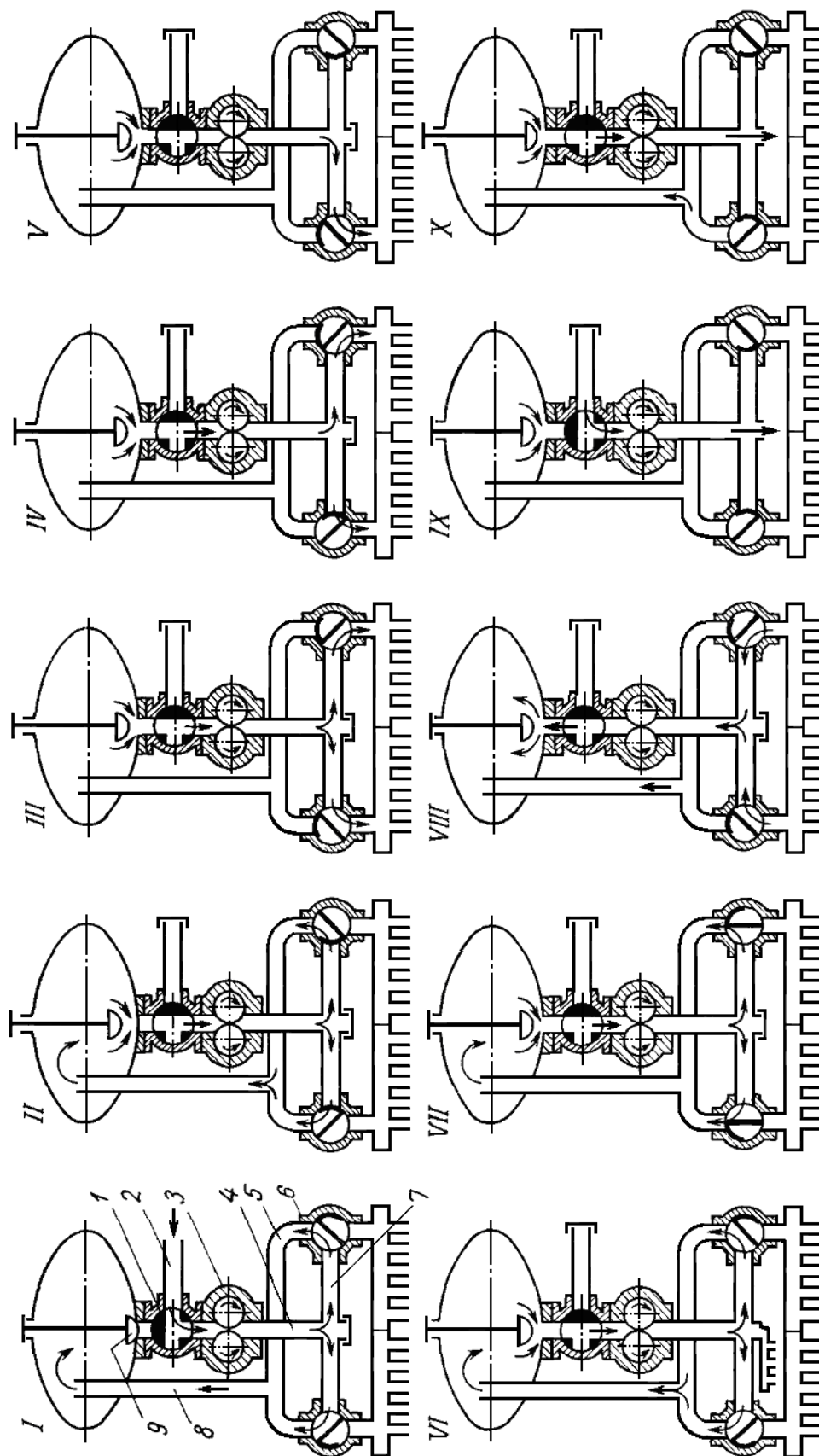


Рис. 12.2. Схема распределительной системы автогидрантора:

I – наполнение; *II* – циркуляция; *III* – розлив; *IV* – розлив правый; *V* – розлив левый; *VI* – розлив через ручной распределитель; *VII* – розлив с перепуском битула в кластерную гидрантора; *VIII* – отсос битула из распределительной системы; *IX* – перекачивание битула из емкости в емкость; *X* – освобождение системы

При распределении вяжущего материала, в зависимости от технологии работ, необходимо выдерживать заданную норму розлива (количество литров на квадратный метр). Фактическая норма определяется производительностью насоса, длиной распределительной трубы и скоростью движения

автогудронатора. Эти величины связаны между собой следующей зависимостью:

$$v = 60Q/1000qL \text{ км/ч,}$$

где v – скорость движения автогудронатора в км/ч; Q – производительность насоса в л/мин; L – длина распределительной трубы в м; q – норма розлива в л/м².

Для обеспечения заданной нормы розлива можно изменять ширину розлива, скорость движения или производительность насоса. Точность розлива битума может осуществляться и контролироваться различными автоматическими устройствами.

12.2. Машины и оборудование для строительства дорог с асфальтобетонным покрытием

Распределение, укладка и частичное или полное уплотнение асфальтобетонных смесей осуществляются асфальтоукладчиками (рис.12.3). Уже в 70-е гг. XX в. в некоторых асфальтоукладчиках выравнивающая плита была разделена по длине на две части (рис.12.4), соединенные внизу шарниром 1, а сверху – винтовой стяжкой 2. Для получения заданного профиля винтами 3 опускались или поднимались края выравнивающей плиты.

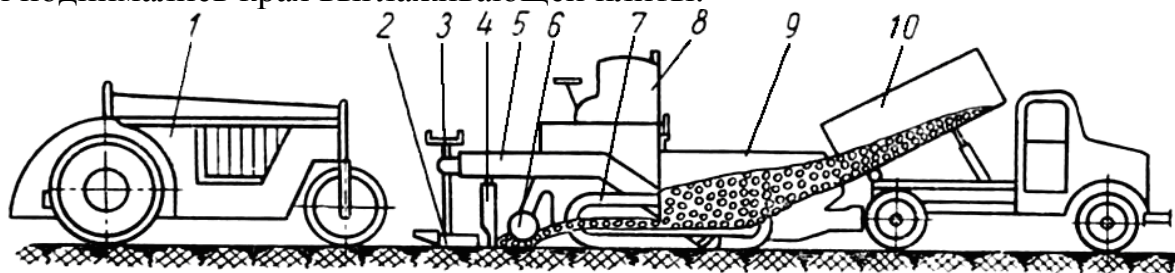


Рис. 12.3. Схема технологического процесса работы асфальтоукладчика:

1 – моторный каток; 2 – выравнивающая плита; 3 – регулировочный винт; 4 – трамбуемый брус; 5 – рама подвески; 6 – шнек для распределения смеси; 7 – ходовая часть; 8 – двигатель; 9 – бункер с питателем; 10 – автосамосвал

По производительности асфальтоукладчики бывают тяжелого и легкого типов. Тяжелые асфальтоукладчики производительностью 100...400 т/ч и более имеют массу 10...30 т. Они предназначены для выполнения больших объемов работ при ширине полосы до 15 м. Вместимость приемного бункера тяжелых асфальтоукладчиков может достигать 10 м³. Они работают с автосамосвалами грузоподъемностью 25 т. Легкие асфальтоукладчики производительностью 50...100 т/ч и массой 2,5...8 т предназначены для выполнения работ небольших объемов. Асфальтоукладчики могут иметь гусеничное, колесное или комбинированное ходовое устройство. Для строительства дорог местного значения, городских улиц и площадей используют автоматизированные гусеничные асфальтоукладчики с переменной шириной укладки.

На асфальтоукладчиках (рис. 12.5, 12.6) выполняются следующие операции: прием асфальтобетонной смеси в бункер из автосамосвалов на ходу без остановки машины; транспортирование смеси к уплотняющим органам; дозирование и распределение смеси по ширине укладываемого покрытия и предварительное или окончательное уплотнение смеси. Они имеют в качестве силовых установок дизельные двигатели. Ходовое устройство включает в себя

задний мост с одной парой ведущих пневматических колес и передний мост на управляемых колесах. Колеса имеют постоянный контакт с грунтом благодаря качающейся оси впереди и равномерному распределению нагрузки на ось. Повышению сцепления с основанием способствует заполнение ведущих колес водой.

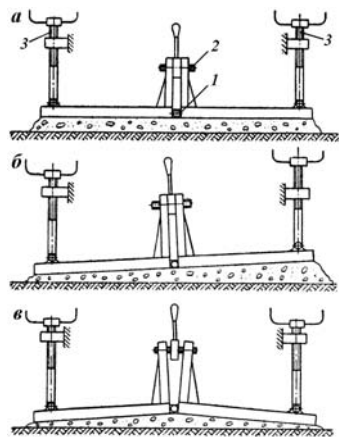


Рис. 12.4. Схемы регулирования поперечного профиля укладываемой асфальтобетонной смеси:

а – горизонтальный плоский; *б* – наклонный плоский; *в* – двухскатный

При неудовлетворительном состоянии основания (переувлажненный грунт) и малом сцеплении включается блокировка дифференциала. Траки укладчиков с гусеничным ходовым устройством покрыты резиновыми плитами, обеспечивающими хорошее сцепление с грунтом. Машина может передвигаться по свежееуложенному дорожному покрытию.

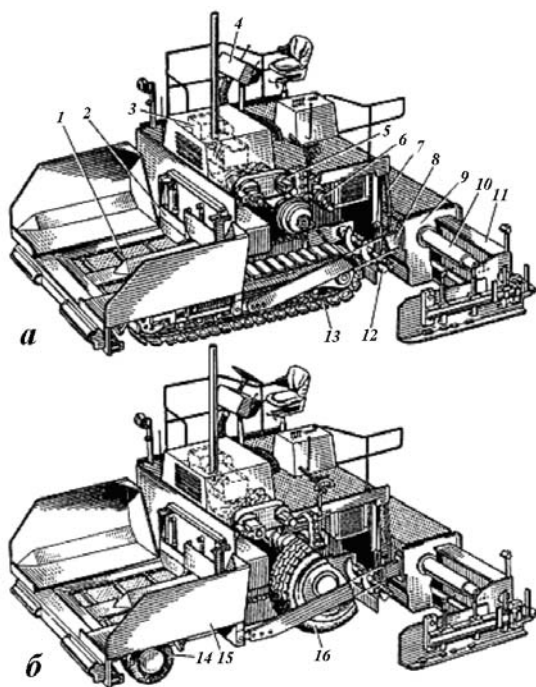


Рис. 12.5. Основные схемы асфальтоукладчиков с различными ходовыми устройствами:

а – гусеничным; *б* – колесным; 1 – два скребковых транспортера с гидроприводом и независимым управлением; 2 – шибберные заслонки с гидравлическим независимым управлением; 3 – двигатель с шумопоглощающим капотом; 4 – пульт управления; 5 – коробка передач с дифференциалом и тормозом; 6 – устройство для централизованного смазывания подшипников; 7 – гидроцилиндры подъема и опускания бруса; 8 – тяговый брус; 9 – основной вибротрамбующий брус с резонансными вибраторами и электронагревом выравнивающей плиты; 10 – телескопический гидроцилиндр выдвижения бруса; 11 – выдвижной брус; 12 – два шнековых распределителя с независимым гидроприводом; 13 – гусеничное ходовое устройство с резиновыми грунтозацепами и долговечной смазкой; 14 – передние управляемые колеса с плавающей осью; 15 – управляемые стенки бункера; 16 – ведущие колеса с пневматическими шинами, заполняемыми водой

Гидравлическая система служит для привода вибраторов уплотняющих рабочих органов, управления гидромуфтами и включения гидроцилиндров подъема боковых стенок бункера рабочих органов, а также для управления гидроцилиндрами автоматики. Рабочие органы состоят из обогреваемой виброплиты и трамбующего бруса с отражательным щитом. Они имеют плавающую подвеску и с помощью тяговых брусьев шарнирно прикреплены к раме асфальтоукладчика. Контроль за количеством смеси в шнековой камере

производится двумя датчиками, установленными у концов распределительных шнеков. По сигналам датчиков с помощью гидроцилиндров, работающих в автоматическом режиме, осуществляется подъем-опускание шиберных заслонок, соответственно увеличивающих или уменьшающих подачу питателей. Такое регулирование позволяет исключить переполнение шнековой камеры смесью и уменьшить налипание материала на элементы конструкции.

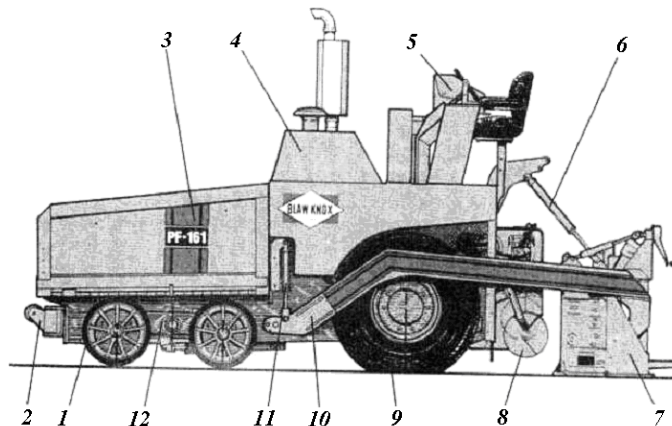


Рис. 12.6. Агрегаты асфальтоукладчика:

1 – рама шасси; 2 – упорный ролик; 3 – бункер; 4 – моторный отсек; 5 – пост управления; 6 – гидроцилиндр подвески блока рабочих органов; 7 – блок рабочих органов; 8 – распределительный шнек; 9 – ведущие задние колеса; 10 – несущий рычаг блока рабочих органов; 11 – гидроцилиндр регулировки; 12 – балансирующая тележка передних колес

Автоматическая следящая система для обеспечения ровности покрытия работает по сигналам датчиков продольного и поперечного профиля. Асфальтоукладчиками управляет оператор с одного из двух постов, расположенных с левой и правой стороны машины. Они имеют дублированное ручное управление с гидромеханическими передачами и поворотный пульт с кнопками включения исполнительных органов асфальтоукладчиков. Укладчики имеют высокую эксплуатационную готовность благодаря быстрому и простому уходу. Они имеют встроенное оборудование для централизованного автоматического смазывания всех подшипников, входящих в контакт с горячим материалом. Гусеничное ходовое устройство имеет элементы соединения с бессменным смазочным материалом. Уровень масла в коробке передач контролируется с рабочего места оператора. Все быстро изнашивающиеся детали – выравнивающие листы, листы конвейера и лопасти – закреплены винтами, что обеспечивает их быструю замену. В конструкциях укладчиков применено большое количество унифицированных, стандартизированных узлов и деталей.

Асфальтобетонная масса, доставляемая автосамосвалами, выгружается в приемный бункер укладчика, затем питателями подается к шнеку, распределяющему массу равномерно по всей ширине. После этого смесь частично или полностью уплотняется трамбуемым брусом и выравнивается выравнивающей плитой. При необходимости окончательное уплотнение осуществляется моторными катками. В качестве рабочего органа на самоходных асфальтоукладчиках применяют системы брус-плита двух типов для предварительного и высокого уплотнения (рис. 12.7). В первом случае

система состоит из трамбующего бруса и выглаживающей плиты, во втором включает в себя несколько уплотняющих элементов различного типа. По характеру колебаний различают системы с качающимся брусом, который колеблется в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном направлению движения асфальтоукладчика, и с трамбуемым брусом, который колеблется в вертикальной плоскости. Последний получил наибольшее распространение. Эксцентриковый вал трамбуемого бруса имеет гидропривод, обеспечивающий бесступенчатое регулирование частоты колебаний. Это позволяет подобрать оптимальный режим в зависимости от условий работы (вида укладываемого материала, толщины слоя или скорости движения асфальтоукладчика). Асфальтоукладчики могут иметь распределительную и уплотняющую системы переменной ширины. Механизм изменения ширины гидравлический.

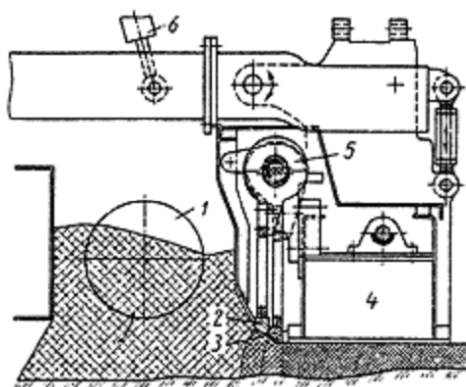


Рис. 12.7. Уплотняюще-выглаживающий рабочий орган высокого уплотнения асфальтоукладчика: 1 – распределительный шнек; 2 – трамбуемый брус предварительного уплотнения; 3 – основной трамбуемый брус; 4 – виброплита с синфазными вибраторами; 5 – привод трамбуемых брусьев; 6 – гидроцилиндр подъема и опускания бруса

Машина для устройства асфальтобетонного покрытия, входящая в состав автоматизированного комплекта для скоростного строительства дорог, предназначена для приема из автосамосвалов асфальтобетонных смесей, распределения по ширине и уплотнения с одновременной отделкой поверхности покрытия. Рабочее оборудование выполнено в виде навесного оборудования к профилировщику на типовом четырехопорном гусеничном шасси.

Многоцелевые укладчики с оборудованием высокого уплотнения строительных смесей обеспечивают качественную укладку и высокое уплотнение уложенных как цементно-, так и асфальтобетонных смесей без существенной перестройки рабочих органов. Машины имеют объемный гидропривод. Это позволяет применять машины в различных вариантах с обычным стандартным брусом, обеспечивающим только предварительное уплотнение, с гидравлически регулируемым выдвижным брусом и с брусом, обеспечивающим высокое уплотнение (рис. 12.8, а...г). Такой брус обеспечивает хорошую укладку и уплотнение как толстых, так и тонких слоев смеси с цементным и битумным вяжущим материалом. Он эффективно уплотняет жесткий, трудноперерабатываемый материал.

Благодаря сокращению времени на уплотнение, такой брус позволяет уплотнять тонкие асфальтобетонные слои в холодное время года. Для укладки цементобетонных смесей на асфальтоукладчике устанавливается скользящая опалубка. Кроме того, обязательна установка систем автоматического выдерживания заданных профилей покрытия. Дозирующие шибберные заслонки пластинчатого питателя имеют независимое и бесступенчатое регулирование по высоте посредством гидроцилиндров. Система выдвижения бруса состоит из двухступенчатой выдвижной телескопической трубы с устройством для фиксации от поворота. Нагрев уплотняющих элементов трамбуемого и вибрационного брусом в ряде случаев осуществляется электрическими нагревателями. Преимущество электронагрева заключается в равномерном распределении теплоты и исключении перегрева отдельных участков.

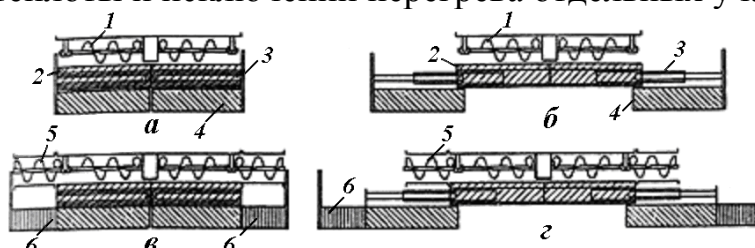


Рис. 12.8. Схема изменения ширины укладки при помощи гидравлической системы выдвижения брусьев:

1 – основные распределительные шнеки; 2 – основной вибротрамбующий брус;
3 – телескопические гидравлические цилиндры выдвижения секций; 4 – выдвижные вибротрамбующие секции; 5 – съемные участки шнеков; 6 – вибротрамбующие съемные части

Брус высокого уплотнения является перспективным оборудованием. Он состоит из двух агрегатов для предварительного и дополнительного уплотнения. Агрегат предварительного уплотнения состоит из трамбовки и виброплиты. Планка трамбовки движется вниз и вверх посредством эксцентрикового привода. Длина хода трамбовки не зависит от степени плотности укладываемого материала; она постоянна и составляет 4 или 8 мм. В нижнем положении трамбовки нижние кромки планки трамбовки и плоскость основания вибрационного бруса находятся на одинаковом уровне. Частота ударов трамбовки регулируется бесступенчато до 1800 ударов в минуту. Вибрацию возбуждает импульсный гидравлический привод, действующий на упругоподвешенную массу внутри бруса. Под действием синфазных вибровозбудителей вертикального действия брус колеблется с частотой 68 Гц. Амплитуда колебаний массы возбуждения регулируется бесступенчато от 0 до 5 мм. Ширина выравнивающей плиты 300 мм.

Агрегаты дополнительного уплотнения следуют за агрегатом предварительного уплотнения и представляют собой расположенные друг за другом прессующие планки, обеспечивающие максимальное уплотнение, и второй вибрационный брус. Прессующие планки прижимаются поршнями цилиндров к покрытию. Они постоянно остаются в контакте с покрытием. Давление прессования планок не зависит от длины хода, как в трамбовках с эксцентриковым приводом, а определяется их опорными поверхностями и действующей силой. Нажимающие вниз поршни цилиндров передают силу в виде импульсов давления на прессующую планку. Импульсы давления

генерируются посредством поворотного золотника. Частоту импульсов можно изменять от 35 до 70 Гц посредством изменения частоты вращения вала гидромотора, который связан с поворотным золотником. Сила их прижатия, воздействующая на две прессующие планки, больше собственного веса бруса.

Первая прессующая планка имеет малую опорную поверхность и тем самым высокое давление на покрытие. Следующая за ней вторая прессующая планка имеет большую опорную поверхность, она стабилизирует достигнутый результат уплотнения. Давление регулируется независимо для обеих планок от 5 до 15 МПа. При одинаковом давлении первая планка обеспечивает более высокое усилие прессования ввиду меньшей опорной поверхности. Две прессующие планки нагреваются электрическими стержнями так же, как и планки трамбовки.

Для выравнивания поверхности покрытия вслед за прессующими планками установлен второй вибрационный брус. Он отличается от первого более узкой выравнивающей поверхностью и имеет меньший вес. Уплотняющая сила бруса повышается синфазными вибровозбудителями вертикального действия. Второй брус свободно движется по высоте, он плавает на уплотненном покрытии. Согласованная работа каждого из элементов обеспечивает оптимальное уплотнение всех укладываемых слоев. Изменение толщины укладываемого слоя осуществляется изменением угла наклона к горизонту трамбовки и первого бруса с помощью гидроцилиндров. Ширина выравнивающей плиты бруса 200 мм, нагрев плиты электрический через внутренние нагревательные стержни.

Асфальтоукладчики с многоцелевыми брусками высокого уплотнения обеспечивают существенную экономию трудовых, энергетических и материальных ресурсов. Из технологического процесса в ряде случаев могут быть исключены уплотняющие катки. При уплотнении с помощью бруса высокого уплотнения исключено боковое вытеснение материала, имеющееся обычно при укатке катками. Это экономит 4...6% материала. Многоцелевой брус обладает высокой чувствительностью к нарушению рецептуры уплотняемого материала. Необходимо предъявлять высокие требования к точности дозирования и качеству смеси, а также обеспечить брус надежным механизмом для регулирования и настройки режимов работы каждого из уплотняющих элементов в зависимости от изменения свойств уплотняемого материала. Целесообразно обеспечивать такую перестройку автоматически в процессе работы без остановки машины.

Уплотнение битуминозных смесей ведет к уменьшению воздушных включений, а также к увеличению сцепления между частицами, составляющими смесь. По принципу действия рабочих органов уплотняющих машин различают следующие основные методы уплотнения: укатка (рабочий орган – уплотняющий каток – перемещается по уплотняемому материалу); трамбование – ударное воздействие (уплотнение достигается периодическими ударами уплотняющего элемента по уплотняемому материалу); вибрационные воздействия (материалу сообщают кратковременные, следующие один за другим импульсы). Существуют также машины, основанные на

комбинировании указанных принципов действия: вибрационные катки, виброударное оборудование, вибрационное трамбование и др. Статическим воздействием является укатка; к динамическим воздействиям относятся все остальные методы. Процесс уплотнения строительных материалов является важной технологической операцией строительства автомобильных дорог и взлетно-посадочных полос аэродромов. Высокая плотность материала достигается правильным выбором методов уплотнения, параметров применяемых машин и режимов уплотнения. Давления на поверхности контакта рабочих органов машин с уплотняемой средой не должны быть выше пределов прочности среды. Они должны постепенно повышаться от прохода к проходу или от удара к удару. При высоких давлениях на поверхности контакта рабочих органов с материалом возникает пластическое течение (выдавливание) материала из-под рабочих органов.

Укладка и уплотнение горячих смесей производятся при температуре не ниже 120°C, теплых смесей – при более низких температурах. По мере уплотнения и остывания смеси ее вязкость повышается, поэтому важно успеть уплотнить смесь до требуемой плотности до ее охлаждения. Качество уплотнения оценивается коэффициентом уплотнения $k_y = p_{\text{п}} / p_{\text{ст}}$, где $p_{\text{п}}$, $p_{\text{ст}}$ – плотность смеси после прохода катка и при уплотнении стандартным способом. Кроме критерия k_y для оценки физико-механических свойств асфальтобетона в покрытии используют показатель водонасыщения, условную пластичность и др.

Катки являются наиболее распространенными и простыми машинами для уплотнения дорожно-строительных материалов. Пневмошинные катки применяют для первичной укатки слоя асфальтобетона. Окончательную укатку производят гладкими вальцами, чаще виброкатками. Например, средние катки ДУ-64 массой 9,5 т (рис. 12.9, а), выполненные комбинированными (могут работать как статические и как вибрационные), и легкие вибрационные катки ДУ-73 массой 5,5 т (рис. 12.9, б), отлично уплотняют асфальт, а также щебень при подготовке основания.

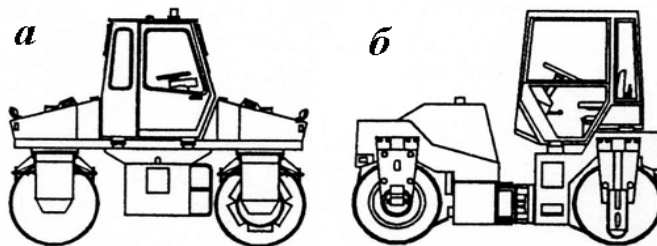


Рис. 12.9. Катки с жесткими вальцами ДУ-64 (а) и ДУ-73 (б)

12.3. Машины и оборудование для строительства дорог с цементобетонным покрытием

Цементобетонные покрытия сооружаются комплектом машин, каждая из которых выполняет одну или несколько технологических операций. К их числу относятся профилировка грунтового основания, состоящая в придании ему заданного продольного и поперечного профилей, укладка цементобетонной смеси с погружением арматуры и формированием плиты, отделка поверхности

плиты. Работы могут выполняться машинами на рельсоколесном или гусеничном ходу.

Рельсоколесные машины передвигаются по рельсформам, одновременно играющим роль опалубки, формирующей бетонную плиту покрытия. При наращивании покрытия в ширину несколькими проходами, колеса с ребордами с одной или обеих сторон рельсоколесных машин могут заменяться безребордными катками, перекатывающимися по ранее уложенным полосам (рис. 12.10).

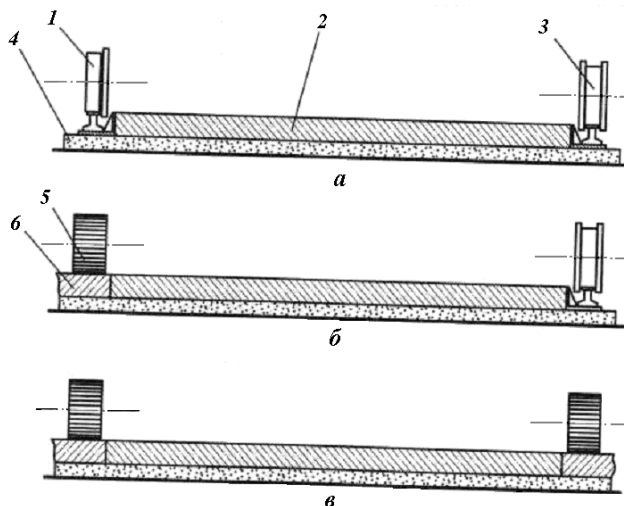


Рис. 12.10. Варианты компоновки ходового оборудования рельсоколесных бетоноукладочных машин: *а* – движение по рельсформам; *б* – движение по рельсформе и готовой полосе; *в* – движение по готовым полосам; 1 – одностороннее колесо; 2 – бетонируемая полоса; 3 – двухребордное колесо; 4 – грунтовое основание; 5 – безребордный каток; 6 – ранее построенная полоса

Наибольшее распространение получили машины на гусеничном ходу. Их выпускают двух размеров: большой производительности для строительства магистральных дорог и взлетно-посадочных полос и малой производительности для дорог местного значения. Наиболее эффективно скоростное строительство цементобетонных покрытий осуществляется автоматизированными комплектами машин со скользящими формами. Комплект машин составляют группа основных машин и дополнительное технологическое оборудование. Основной группой машин комплекта являются: профилировщик основания (рис. 12.11, *а*), распределитель бетона (рис. 12.11, *б*), бетоноукладчик со скользящими формами (рис. 12.11, *в*), бетоноотделочная машина и распределитель пленкообразующих материалов. В дополнительное оборудование входят: конвейер-перегрузчик, тележка для арматурной сетки, вибропогружатель арматурной сетки, нарезчики продольных и поперечных швов, заливщик швов, трейлеры для транспортирования машин комплекта.

Профилировщики дорожных оснований предназначены для разработки корыта в целинном грунте и профилирования его дна, а также для окончательного профилирования и уплотнения песчаного основания или основания из грунта, укрепленного вяжущим материалом. Они оснащены профилирующим и уплотняющим рабочими органами.

По типу рабочего органа профилировщики бывают ножевыми и фрезерными. Ножевые профилировщики снабжены уплотняющим вибробрусом. Рабочий орган – отвал с профилирующим ножом. Он окончательно профилирует ос-

нование, срезая излишки грунта и частично его перераспределяя. Механизмом подъема и опускания регулируют высоту заглубления. Фрезерный рабочий орган машины представляет собой отвал с закрепленными на нем фрезой для профилирования укрепленных грунтов или шнеком для профилирования песчаных оснований. Сменные резцы фрезы с пластинками из твердого сплава расположены по винтовой линии. Транспортер удаляет срезанный материал за пределы основания. Фрезу и отвал можно настраивать на плоский и на двухскатный поперечные профили основания. Уплотнение подстилающего песчаного основания осуществляется вибробрусом. Профилировщик основания, входящий в комплект, имеет унифицированное самоходное четырехгусеничное базовое шасси с автоматической следящей системой управления рабочими органами по заданному курсу и профилю.

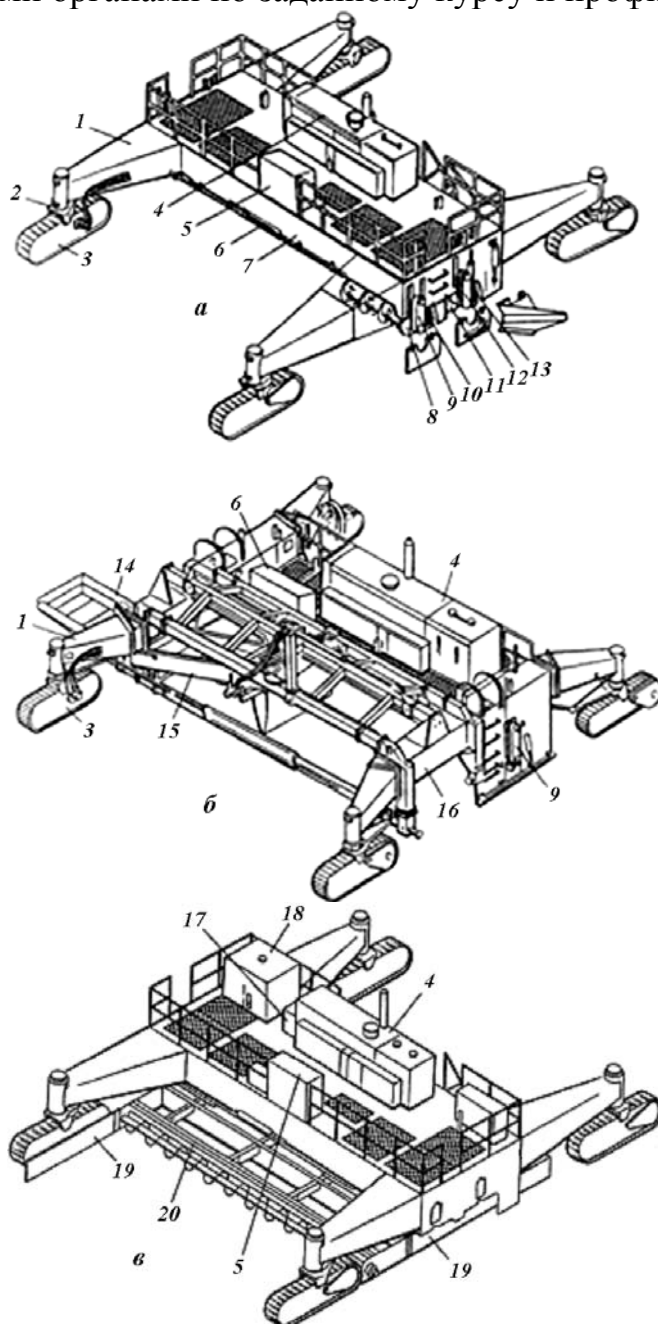


Рис. 12.11. Машины автоматизированного комплекта для скоростного строительства цементобетонных покрытий:

а – профилировщик основания; *б* – распределитель (перегрузатель); *в* – бетоноукладчик; *1* – кронштейн рамы; *2* – вилка гусеничной тележки; *3* – гусеничная тележка; *4* – силовая установка; *5* – пульт управления; *6* – рулевой гидроцилиндр; *7* – основная рама; *8* – фреза-шнек; *9* – привод фрезы-шнека; *10* – отвал фрезы-шнека; *11* – шнек; *12* – привод шнека; *13* – отвал шнека; *14* – приемный бункер; *15* – рама транспортера; *16* – блок выдвижного транспортера; *17* – генератор привода глубинных вибраторов; *18* – бак для воды; *19* – скользящие формы (боковая опалубка); *20* – рама рабочих органов

Бетонораспределители принимают смесь из автосамосвалов или автобетоносмесителей и распределяют ее по дорожному основанию слоем заданной толщины. Распределители являются машинами непрерывного и периодического действия. Бетонораспределители непрерывного действия имеют высокую производительность и требуют четкой организации работ по доставке смеси к месту ее укладки. Распределители периодического действия работают циклично, порциями. Каждая новая порция бетона распределяется по основанию после распределения предыдущей порции и передвижения машины на новую позицию.

По конструкции рабочих органов распределители бывают бункерными, шнековыми, лопастными, ковшовыми. Бункерные распределители относятся к машинам периодического действия, остальные – к машинам непрерывного действия. Смесь, выгруженную распределителем на дорожное основание, равномерно распределяют в поперечном направлении шнеком, лопастью или ковшом и предварительно разравнивают отвалом. Окончательное профилирование покрытия осуществляется профилирующими заслонками, которые можно устанавливать на односкатный или двухскатный поперечный профиль покрытия.

Бетоноотделочные машины осуществляют разравнивание, профилирование, уплотнение и окончательную отделку (выглаживание и затирку) поверхности покрытия. Машины данного типа следуют за бетонораспределителем. Бетоноотделочная машина имеет разравнивающий, уплотняющий и выглаживающий органы. Разравнивающий орган – это лопастный вал, шнек или вибробрус. Для уплотнения бетонной смеси применяют вибрационный или трамбуемый брус. Выравнивание и выглаживание поверхности бетонного слоя производится выглаживающей лентой или брусом, совершающим качательные движения в горизонтальной плоскости, а также выглаживающими плитами с вертикальными колебаниями. Технологическая операция выполняется сразу несколькими рабочими органами. Разрабатываются и внедряются универсальные рабочие органы, выполняющие несколько операций.

Бетоноукладчик со скользящими формами применяется для строительства дорог с толщиной покрытия до 400 мм на стабилизированном основании, а также аэродромов и промышленных площадок. Он предназначен для распределения бетона, укладки бетонного покрытия с уплотнением смеси, профилирования и отделки поверхности плиты. При необходимости сращивания соседних полос бетоноукладчик закладывает арматурные стержни в края бетонируемых плит.

При устройстве армированного цементобетонного покрытия к распределителю бетонной смеси прицепляют четырехопорную

пневмоколесную тележку для перевозки арматурной сетки, первую секцию которой укладывают краном на свежееуложенную смесь, приваривают ее передний край к секции, находящейся на тележке, и погружают вибропогружателем арматуры в бетон на глубину 60... 150 мм. Вибропогружатель может идти перед бетоноукладчиком, соединяясь с ним толкающими тягами, или находится на шасси бетоноукладчика в качестве стандартного или дополнительного оборудования. При движении комплекта машин вперед последовательно свариваемые секции сетки погружаются в свежееуложенную бетонную смесь, уплотняемую и заглаживаемую затем рабочими органами бетоноукладчика (рис. 12.12).

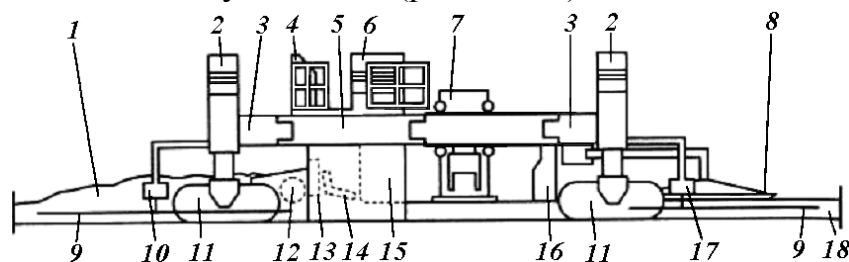


Рис. 12.12. Схема работы бетоноукладчика:

1 – смесь на полотне насыпи; 2 – гидроцилиндры регулировки гусеничных тележек по высоте; 3 – поворотные консоли крепления гусеничных тележек; 4 – пульт управления; 5 – основная рама; 6 – двигатель; 7 – погружатель арматуры; 8 – продольная выглаживающая плита; 9 – копирная струна; 10, 17 – передний и задний шупы автоматической системы задания координат; 11 – гусеничные тележки; 12 – распределительный шнек; 13 – выравнивающий отвал; 14 – глубинные вибраторы; 15 – боковые скользящие формы; 16 – поперечный выглаживающий брус; 18 – готовая плита цементобетонного покрытия

Отделочные машины выполняют окончательную отделку и текстурирование поверхности свежееуложенной цементобетонной плиты. Трубчатый финишер установлен на самоходном четырехопорном пневмоколесном шасси, оборудованном дизельным двигателем, гидрообъемной ходовой трансмиссией, гидросистемой привода рабочих органов, системой управления движением и рабочими органами и вспомогательными механизмами и системами. Машина отделяет поверхность бетонной плиты выглаживающей трубой, расположенной горизонтально по диагонали в базе шасси. Труба состоит из двух шарнирно соединенных половин, что позволяет отделять двухскатные поверхности, и оборудована системой орошения, формирующей текстуру поверхности. Подъем и поворот трубы, а также ее «излом» в шарнире осуществляется гидроцилиндрами. На кронштейнах в передней части шасси устанавливается ролик с гидрообъемным приводом для выглаживания дорожного полотна. Машина совершает несколько проходов до получения заданных ровности и качества поверхности. При последнем проходе на поверхность плиты опускается брезентовая драга, подвешенная сзади шасси и предназначенная для удаления с плиты излишков влаги.

Пленкообразующая машина предназначена для устройства на поверхности бетонной плиты продольных и поперечных шероховатостей и нанесения на нее влагозащитных пленкообразующих жидкостей (этиленовый лак, битумные и водо-битумные эмульсии и др.). Все операции выполняются за один проход после прохождения финишера. Шасси машины аналогично шасси трубчатого финишера, но оно оснащено установкой для перемешивания

пленкообразующих эмульсий. В качестве рабочих органов используются установленные в базе шасси на каретках металлические щетки для создания заданных шероховатостей, выравнивающее полотно на ролике, установленном впереди или в базе шасси, и трубчатый разбрызгиватель пленкообразующих жидкостей, установленный сзади шасси и перекрывающий полосу по всей ширине.

Для предупреждения растрескивания цементобетонного покрытия из-за температурных деформаций в нем нарезаются продольные и поперечные швы сжатия и поперечные швы растяжения. Швы нарезают *виброножом* в свежееуложенной смеси или алмазными дисками в затвердевшем бетоне, набравшем не менее 25 % расчетной прочности. Устройство швов в свежем бетоне менее энергоемко, но качество бетона у краев плиты ухудшается, что ускоряет их разрушение,

Самоходный колесный нарезчик швов в свежееуложенном цементобетоне оснащается виброножом для нарезки поперечных швов и вибродиском для нарезки продольного шва. Лезвием виброножа служит стальная полоса, вибрация на которую передается от вибраторов через кронштейн крепления.

12.4. Машины для восстановления и реконструкция дорожных и аэродромных покрытий

Эти машины подразделяются на две группы: с холодным удалением ремонтируемого слоя покрытия (холодный ресайклинг) и с горячим удалением ремонтируемых слоев (горячий ресайклинг).

Машины с холодным ресайклингом предназначены для восстановления и ремонта цементобетонных и асфальтобетонных покрытий. Ремонт асфальтобетонных покрытий в этом случае осуществляется без предварительного разогрева покрытия. Технологический процесс машины включает: фрезерование ремонтируемой поверхности покрытия, добавление нового вяжущего, перемешивание полученной смеси, укладку смеси, ее распределение и уплотнение. Норма добавляемого вяжущего (битум, эмульсия, цементно-водная суспензия) контролируется микропроцессором и обеспечивает высокое качество отремонтированного покрытия. Машина может быть использована для выполнения как комплекса технологических операций, так и отдельных операций, например для удаления разрушенного покрытия, или для стабилизации и т.п.

Машины, работающие по схеме горячего ресайклинга, предназначены, в основном, для восстановления и ремонта асфальтобетонных покрытий. Технологический процесс машины включает следующие операции: разогрев (репластификация) поверхности покрытия на требуемую глубину, добавление вяжущего, добавление свежей асфальтобетонной смеси, перемешивание и получение нового материала, укладка смеси и ее уплотнение. Норма добавления вяжущего и новой порции асфальтобетонной смеси контролируется микропроцессором. Это обеспечивает высокий уровень производства ремонтных работ.

Ремонт асфальтобетонных покрытий осуществляется широко распространенным методом «восстановления» слоя покрытия или методом «ремикс».

Способ работы «ремикс» – это технология, при которой устранение дефектов покрытия производится методом «ресайклинг». Покрытие перерабатывается и улучшается таким образом, чтобы оно полностью соответствовало требованиям нового покрытия. Метод экономичен, не оказывает вредного влияния на окружающую среду, экономит строительный материал и сокращает сроки ремонта (рис. 12.13).

Ремонтируемый асфальтовый слой покрытия прогревается установкой предварительного нагрева и ремиксера, затем материал рыхлится фрезами. В имеющуюся смесь добавляют корректирующую смесь и битум. Готовая смесь снова укладывается в покрытие. Весь процесс восстановления осуществляется за один рабочий проход непосредственно на проезжей части дороги в процессе движения машины. Прогрев покрытия осуществляется до температуры 140...170°C. Масса покрытия размягчается. Батареи инфракрасных излучателей, питаемых пропаном, передают необходимую для этого тепловую энергию. Нагревательные элементы располагаются по заданной ширине участка дороги. Давление газа каждого из нагревательных элементов регулируют отдельно. Рыхление размягченного покрытия до требуемой глубины осуществляют вращающимися шнеками со спирально размещенными твердосплавными зубьями. Рабочая ширина регулируется бесступенчато и автоматически.

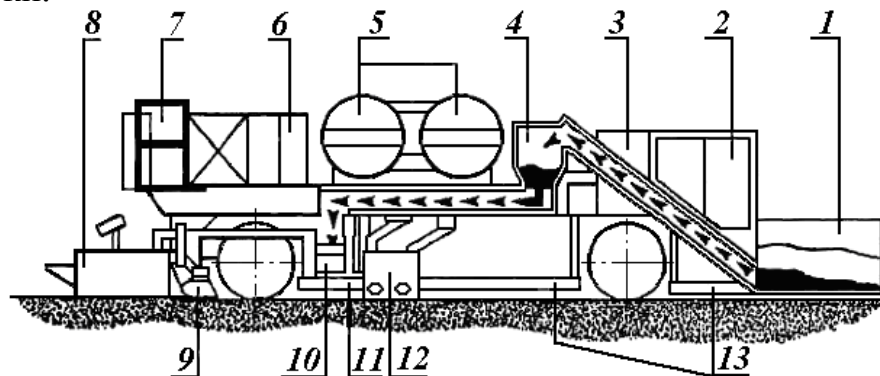


Рис. 12.13. Технологическая схема машины для горячего восстановления асфальтобетонных покрытий: 1 – бункер для смеси; 2 – емкость для битума; 3 – топливный бак; 4 – бункер-дозатор; 5 – емкость для газа; 6 – двигатель; 7 – платформа для пульта управления; 8 – трамбуемый брус; 9 – шнековый распределитель; 10 – смеситель; 11, 13 – блоки нагревательных элементов; 12 – рыхлитель покрытия

Планирующие ножи снимают слой покрытия, а разрыхленная смесь подается в смеситель. Регенерацию старого асфальта осуществляют путем добавления в смеситель минеральной добавки и вяжущего. Корректирующая добавка смешивается со смесью из покрытия в смесителе принудительного действия. Добавочную смесь транспортируют к машине на грузовиках и загружают в приемный бункер. Подвод к смесителю и дозировка осуществляются через скребковый конвейер, имеющий возможность регулировки скорости движения. Новое вяжущее находится в обогреваемом баке на установке. Вяжущее дозируется и вбрызгивается с помощью насоса, имеющего возможность регулировки числа оборотов. Готовая смесь поступает на спланированное и разогретое основание в виде продольного валика. Укладка

восстановленного материала осуществляется с помощью плавно регулируемого разравнивающего и трамбуемого бруса в соответствии с профилем полотна. Раздельный нагрев полотна обеспечивает хорошее сцепление слоев за счет укладки «горячего по горячему». Окончательное уплотнение покрытия производят дорожными катками. Машина также позволяет восстанавливать дорожные покрытия: без добавки новой смеси; с добавкой новой смеси – без перемешивания. Метод регенерации асфальтобетонной смеси путем перемешивания применяют тогда, когда технология допускает использование материала старого покрытия с улучшением его свойств добавлением новым материала.

В группу машин для восстановления асфальтобетонных покрытий входят разогреватели, фрезерные машины, разогреватели-планировщики и разогреватели-терморемонтеры. По типу нагревателя машины разделяют на жидкотопливные, газотопливные и электрические. Машины для восстановления асфальтобетонных покрытий могут быть ручными, прицепными и самоходными.

Разогреватели асфальтобетонных покрытий с устройствами инфракрасного излучения монтируют на базе автомобилей, колесных тракторов и специальных шасси. Основные преимущества использования инфракрасных нагревателей: предохранение от выгорания органического связующего материала из верхнего слоя асфальтобетонного покрытия; сокращение продолжительности разогрева благодаря малому термическому сопротивлению пограничного слоя излучаемому потоку теплоты. Энергия излучения поглощается непосредственно поверхностью и глубинными слоями асфальтобетонного покрытия, причем излучения проникают тем глубже, чем меньше длина их волн. Режим инфракрасного разогрева состоит из двух периодов: разогрева поверхности покрытия до температуры не менее 180°C и дальнейшего регулируемого нагрева покрытия по всей его толщине (при неизменной температуре на поверхности покрытия) до температуры $60...80^{\circ}\text{C}$ на стыке покрытия с основанием. Ремонтируемый участок дорожного покрытия разогревают с помощью блока горелок, устанавливаемых над поверхностью покрытия на расстоянии $10...20$ см для создания плотности теплового потока радиационного излучателя у поверхности разогреваемого покрытия до $79...81,4$ кВт/м² (для конвекционных $40...46,5$ кВт/м²).

Газовые нагреватели инфракрасного излучения имеют простое устройство и обслуживание, широкое регулирование мощности излучения путем изменения давления газа, подводимого к смесителю горелки. Их недостатки заключаются в возможном задувании пламени при ветре скоростью более $6...8$ м/с, небольшом сроке службы, необходимости дополнительных мероприятий по технике безопасности. Основным элементом асфальторазагревателей является газовая горелка инфракрасного излучения с керамическим и металлическим излучателем. Газовоздушная смесь сгорает на поверхности излучателя в тонком слое, передавая ему основную часть теплоты продуктов сгорания. Излучатель раскаляется до температуры $850...900^{\circ}\text{C}$ и становится источником инфракрасного (теплового) излучения. Металлические

излучатели по сравнению с керамическими имеют более низкую чувствительность к механическим воздействиям, низкую стоимость, высокий срок службы.

Разогреватели с электрическими нагревателями более долговечны, менее чувствительны к воздействиям ветра и отрицательной температуры окружающего воздуха. В качестве электрических нагревателей применяют кварцевые инфракрасные излучатели и трубчатые металлические типа ТЭН. Эти нагреватели обладают рассеянным излучением, поэтому для создания направленного лучистого потока их помещают в рефлектирующее устройство. При текущем ремонте асфальтобетонных покрытий дорог используют асфальторазогреватели инфракрасного излучения с газовыми излучателями.

Терморемонтеры выполняют одновременно полный комплекс технологических операций по разогреву и рыхлению асфальтобетона, добавлению новой смеси и перемешиванием ее со старой смесью, или без перемешивания, и профилированию с предварительным уплотнением. Оборудование монтируют на специальном шасси. Такая машина работает в двух режимах. Режим без перемешивания смеси в смесителе включает следующие операции: нагрев ремонтируемого участка асфальтобетонного покрытия, рыхление разогретого слоя, распределение, планирование и выравнивание размельченной старой асфальтобетонной смеси, добавление новой асфальтобетонной смеси, распределение новой асфальтобетонной смеси, предварительное уплотнение старой и новой смесей. При перемешивании смеси в смесителе предусматривается выполнение следующих операций: нагрев асфальтобетонного покрытия, рыхление разогретого слоя, сбор размельченной старой асфальтобетонной смеси в смеситель, добавление в смеситель новой асфальтобетонной смеси, перемешивание старой и новой смесей в смесителе, распределение и профилирование восстановленной асфальтобетонной смеси, предварительное ее уплотнение.

Технологическое назначение машины предусматривает наличие следующих основных рабочих органов: газового оборудования, рыхлителя, подборщика, переднего бункера, транспортирующего, смесительного и распределительного устройств. Газовое оборудование включает в себя емкость для газа, испаритель, систему газопроводов, инфракрасные излучатели (горелки), регулирующую и контрольную аппаратуру и устройство для разжигания горелок. Газовое оборудование обеспечивает разогрев асфальтобетонного покрытия до 60°C на глубине 3...4 см при температуре на поверхности не выше 180°C и обогрев отдельных узлов и агрегатов машины для предотвращения остывания новой и восстанавливаемой асфальтобетонной смеси. Вместимость емкости для газа 6 м^3 . Поверхностная плотность теплового потока инфракрасных излучателей не менее $10...16\text{ кВт/м}^2$. Горелки объединены в секции и блоки с подачей газа отдельно в каждую секцию. Высота установки блока горелок в рабочем положении над поверхностью покрытия регулируется в пределах 50...250 мм.

Рыхлитель обеспечивает разрыхление нагретого асфальтобетонного покрытия до кусков размером не более 50 мм. Глубина рыхления разогретого

покрытия 40 мм. Рабочая ширина рыхлителя 2,5; 3,1; 3,6; 3,85 м. Конструкция рыхлителя позволяет осуществлять пропуск люков колодцев. В качестве рыхлителя может быть использована фреза.

Подборщик материала отвального типа предназначен для сбора взрыхленной асфальтобетонной смеси и подачи ее в смесительное устройство при работе в режиме перемешивания. Одновременно подборщик обеспечивает профилирование поверхности покрытия. Рабочая ширина подборщика равна ширине рыхлителя. Передний бункер вместимостью 7 т предназначен для приема новой асфальтобетонной смеси и имеет управляемые базовые стенки, что обеспечивает полное его опорожнение.

Транспортирующее устройство (конвейер) предназначено для перемещения новой асфальтобетонной смеси от приемного бункера к смесительному устройству или в зону распределения восстановленной смеси. Устройство регулирует нормы подачи новой смеси. Во избежание охлаждения пространство, в котором перемещается новая смесь, обогревается инфракрасными излучателями.

Смесительное устройство с двумя лопастными валами осуществляет перемешивание восстановленной и новой асфальтобетонной смесей. Работа обеспечивается на всех режимах движения машины при любом соотношении компонентов. Смеситель обогревается инфракрасными излучателями.

Распределительное устройство предназначено для распределения асфальтобетонной смеси на ширину ремонтируемой полосы покрытия. Оно обеспечивает автоматическое выдерживание заданной толщины и профиля распределяемого слоя по всей ширине ремонтируемой полосы. Рабочая ширина устройства 2,5; 3,1; 3,6; 3,85 м.

Вибротрамбующая плита предназначена для предварительного уплотнения уложенной смеси. Частота колебаний бруса 1500...3500 мин⁻¹. Предусмотрен обогрев поверхности плиты газовыми горелками. Рабочая ширина уплотняемой полосы равна ширине распределителя. Трансмиссия и ходовое устройство обеспечивают перемещение машины с рабочей скоростью до 3 м/мин и транспортной до 7 км/ч. Машину на большие расстояния транспортируют на буксире (с отключенной коробкой передач) или на трейлере. Все оси управляемые, управление осями может осуществляться как совместно, так и отдельно. Колеса оборудованы стояночными тормозами. При максимальной скорости 3 м/мин, максимальной глубине разогретого покрытия 40 мм расход новой смеси достигает 40 кг/м². Рабочими органами управляют с двух постов. Управление положением рабочих органов, регулирование подачи новой смеси и управление ходовыми колесами – гидравлическое.

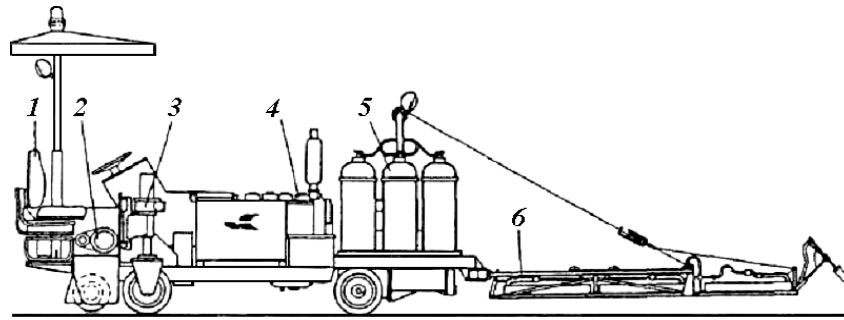


Рис. 12.14. Машины для разогрева и фрезерования асфальтобетонных покрытий при ремонте: 1 – место оператора; 2 – привод и фреза для отделения разогретого асфальтобетона; 3 – ходовое устройство; 4 – двигатель; 5 – резервуары для газообразного топлива; 6 – нагревательная система

Терморемонтеры с ограниченным комплектом рабочих органов оборудованы дорожной фрезой и блоком разогревателей. Они являются самоходными агрегатами. Терморемонтер такого типа состоит из нагревательного устройства, барабанной фрезы, привода и ходового устройства (рис 12.14). Терморемонтер имеет ширину фрезерования 1 м при глубине до 45 мм. Рабочая скорость машины достигает 6 м/мин, а транспортная – до 18 км/ч. Нагрузка на переднюю и заднюю оси соответственно 23 и 17 кН, масса машины достигает 4000 кг, мощность двигателя 37 кВт. Нагревательное устройство состоит из блока предварительных и системы основных излучателей. Барабанная фреза представляет собой цилиндр, на котором укреплены сменные стальные держатели. В держателях установлены твердосплавные ножи. Барабан фрезы вращается в направлении, противоположном направлению движения машины. К агрегату прикреплены два стабилизатора, представляющие собой дополнительную опору на полотно дороги. Стабилизаторы управляются гидроцилиндрами. Глубина фрезерования может изменяться.

Дорожные фрезы являются важным рабочим оборудованием при ремонте и реконструкции покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Представленная на рис. 12.15 дорожная фреза 1000 W фирмы WIRTGEN массой 19800 кг имеет ширину фрезы до 1000 мм, обеспечивает глубину фрезерования 0...280 мм при мощности двигателя 200 кВт (272 л.с.).

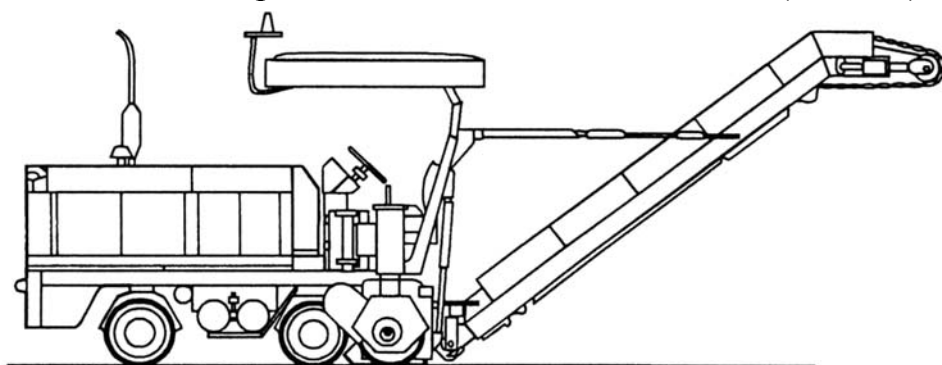


Рис. 12.15. Дорожная фреза 1000 W фирмы WIRTGEN

Фрезерные рабочие органы используются в качестве самостоятельных агрегатов для рыхления и удаления материала с ремонтируемого участка или встраиваются в машины-комбайны для выполнения всего цикла операций по ремонту дороги. В настоящее время удаление поврежденных слоев покрытий

осуществляют методом холодного фрезерования. В целях универсализации машины заднее правое колесо машины можно повернуть и разместить впереди фрезы. Это обеспечивает фрезерование у кромки бордюра.

Асфальторазогреватели используют только для разогрева асфальтобетонного покрытия до требуемой температуры. Асфальторазогреватели монтируют на шасси автомобиля грузоподъемностью 3-5 т. Они работают в комплекте с фрезерными агрегатами.

Широко используют при ремонте асфальтобетонных покрытий машины для транспортирования и распределения битума и щебнераспределители.

Машины для заделки трещин и ремонта швов обеспечивают очистку трещин от грязи, продувку их сжатым воздухом, просушку, грунтовку стенок и заполнение их мастикой. Окончательной операцией является посыпка обработанной поверхности песком или высевами щебня. Эти машины бывают ручными, перемещаемыми на тележке, прицепными и самоходными. Для разделки трещин применяют ручной механизированный инструмент – пневмоломы, пневмомолотки, перфораторы и электромолотки. Машины для заделки трещин в дорожных покрытиях монтируют на шасси стандартных автомобилей. Они имеют цистерну для битума, два бункера для песка, механизм поворота бункера, систему розлива битума, пневмо-, топливо- и гидросистемы, специальную кабину, левый, правый боковые и задний ящики и электрооборудование.

Г л а в а 13

Машины для отделочных работ

Отделочные работы представляют собой комплекс процессов по наружной и внутренней отделке зданий и сооружений с целью повышения их защитных, эксплуатационных и архитектурно-эстетических качеств. Отделочные работы сложны и трудоемки. На них идет около 25...30% общих трудовых затрат, которые достигают 15...18% от общей стоимости строительства. Около 30% всех строителей, участвующих в сооружении зданий, занято на отделочных работах.

Основная часть отделочных работ выполняется в сжатые сроки в условиях строительной площадки на завершающем этапе строительства. В последнее время в жилищном строительстве выполнение отделочных работ практически почти всегда оставляется покупателям квартир. В состав отделочных входят штукатурные, облицовочные, малярные, обойные, стекольные и кровельные работы, а также работы по устройству и отделке полов. Отделочные работы характеризуются многообразием и технологической несхожестью операций. Для выполнения отделочных работ используется большое количество строительно-отделочных машин, различных по назначению и устройству.

13.1. Машины для штукатурных работ и нанесения на поверхности бетонных смесей

Штукатурные работы выполняют для выравнивания и декоративного оформления поверхностей строительных конструкций, улучшения их санитарно-гигиенических качеств, а также уменьшения тепло-, звукопроводности и водопоглощения ограждающих конструкций, защиты их от атмосферных воздействий.

Трудоемкость штукатурных работ составляет 14...16% общей трудоемкости возведения зданий и сооружений, а их стоимость достигает 8...10% общей стоимости строительно-монтажных работ. В современном строительстве применяют два вида штукатурок – монолитную и сухую (в виде панелей). Монолитная штукатурка применяется при отделке внутренних и наружных поверхностей различных конструкций зданий и сооружений и создается нанесением на обрабатываемые поверхности сплошного слоя штукатурного раствора определенной толщины.

Сухая гипсовая штукатурка (гипсокартонные листы) применяется для отделки внутренних поверхностей зданий в помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом и создается облицовкой обрабатываемой поверхности отдельными листами сухой гипсовой штукатурки промышленного изготовления с последующей заделкой стыков. Листы сухой гипсовой штукатурки приклеивают к отделываемым поверхностям на мастику или крепят

с помощью гвоздей, шурупов, самонарезающих винтов к металлическим или деревянным каркасам, предварительно прикрепленным к облицовываемым поверхностям.

При устройстве сухой гипсовой штукатурки широко используют ручные машины. Монолитную штукатурку выполняют путем нанесения на обрабатываемую поверхность в определенной технологической последовательности нескольких слоев штукатурного намета: слоя обрызга и одного слоя грунта (простая штукатурка); обрызга, одного слоя грунта и накрывочного слоя (улучшенная штукатурка); обрызга, одного или нескольких слоев грунта и накрывочного слоя (высококачественная штукатурка).

13.1.1. Оборудование для штукатурных работ.

Для механизации штукатурных работ применяются установки, включающие оборудование для приготовления раствора, его процеживания, транспортирования и нанесения на оштукатуриваемую поверхность. Такие установки бывают циклического и непрерывного действия, передвижные и стационарные.

Штукатурные установки. На рис. 13.1 показана схема установки, состоящей из смесителя 6 циклического действия, вибросита 8, диафрагмового растворонасоса 11 и форсунки 13 для нанесения раствора. Корытообразный барабан смесителя загружается при помощи скипового подъемника. Вибросито установлено над бункером растворонасоса; колебания сита сообщаются электровибратором. Растворонасос подает раствор по растворопроводу к форсунке, распыливающей раствор и сообщаящей необходимую скорость частицам.

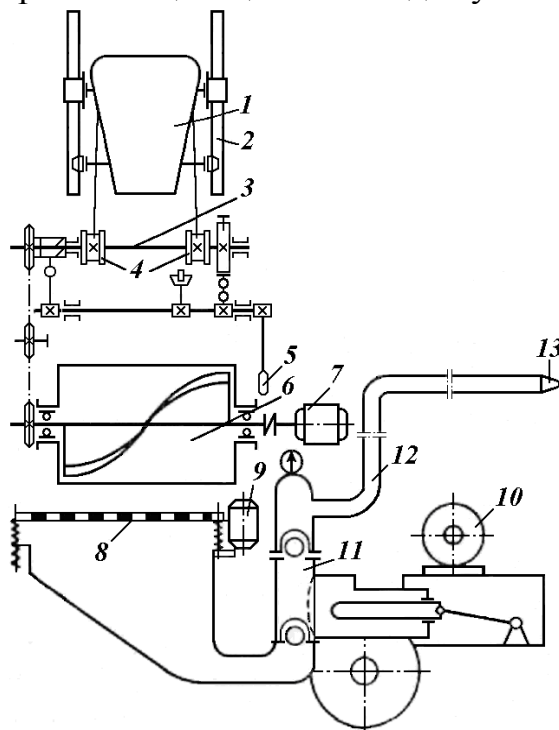


Рис. 13.1. Схема штукатурного агрегата: 1 – ковш; 2 – направляющие; 3 – вал; 4 – барабаны; 5 – рычаг; 6 – смесительный барабан; 7 – электродвигатель; 8 – вибросито; 9 – электровибратор; 10 – электродвигатель; 11 – растворонасос; 12 – растворопровод; 13 – форсунка

Применяются форсунки механического и пневматического действия.

Форсунки механического действия (бескомпрессорные) работают за счет давления, создаваемого растворонасосом. Среди них получили распространение форсунки трех видов (рис. 13.2, а, б, в).

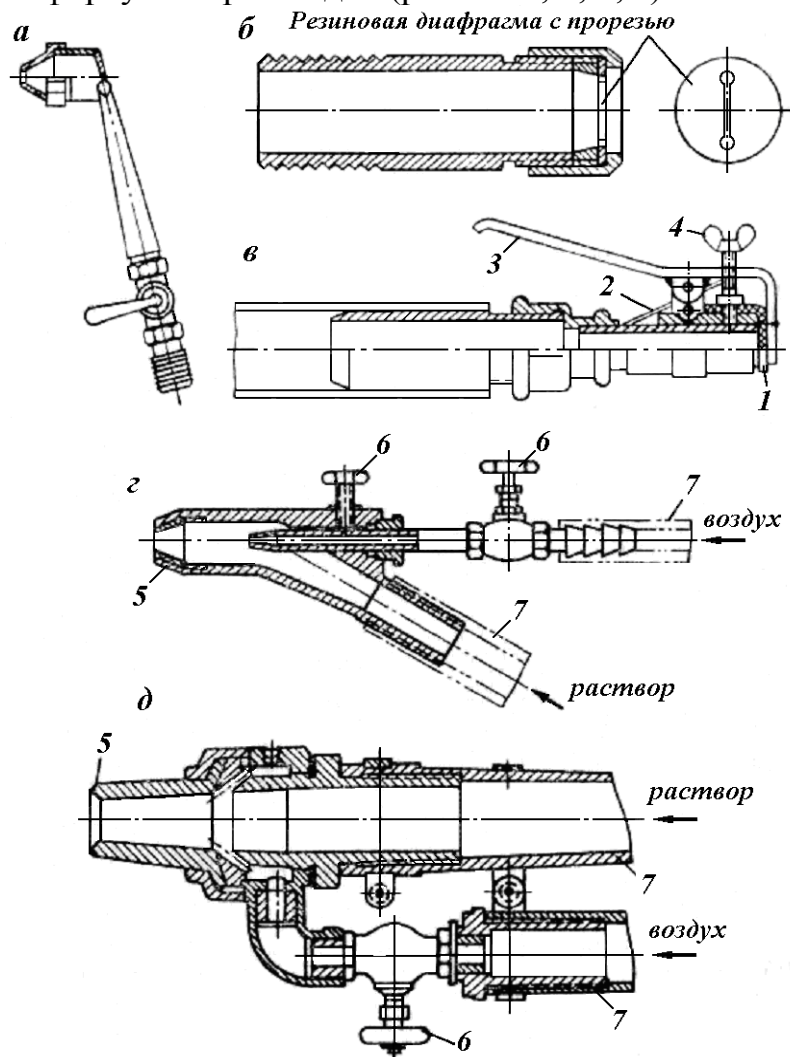


Рис. 13.2. Форсунки растворонасосов: бескомпрессорные (а – с завихрителем; б – с резиновой диафрагмой; в – с прижимным клапаном); компрессорные (z – с центральной подачей воздуха; д – то же с кольцевой);

1 – резиновый прижимной клапан; 2 – отжимная пружина; 3 – рычаг рукоятки; 4 – регулировочный винт; 5 – выходное отверстие; 6 – вентиль; 7 – шланг

Форсунка с завихрителем (рис. 13.2, а) создает вращательное движение раствора, подводимого по касательной, благодаря чему получается конусообразный факел. Форсунка работает на растворах с осадкой конуса 12...14 см. Плоский факел создается форсункой с резиновой диафрагмой (рис. 13.2, б), имеющей прорезь. Эти форсунки работают на растворах с осадкой конуса 7...9 см. Форсунка с резиновым прижимным клапаном (рис. 13.2, в) образует веерообразный факел, направленный перпендикулярно оси форсунки. Поток регулируется рычагом, отжимаемым пружиной. Минимальный поток обуславливается положением регулировочного винта 4. Работа производится на растворах с осадкой конуса 7...8 см.

Форсунки пневматического действия (компрессорные) используют сжатый воздух, обеспечивающий интенсивный выход раствора. Давление воздуха способствует также образованию плотного слоя. Имеются форсунки с

центральной и кольцевой подачей воздуха (рис. 13.2, з, д). В первом случае воздух подводится по оси форсунки, а во втором – к кольцевому зазору между сменным резиновым наконечником и корпусом форсунки. Подача воздуха регулируется воздушными вентилями, размещенными в корпусах форсунок. Расстояние форсунки от обрабатываемой поверхности при нанесении раствора составляет 0,5...1 м.

Штукатурные установки могут работать на готовом растворе. В этом случае отпадает надобность в смесителе. На поверхность может наноситься мелкозернистая бетонная смесь, подаваемая сжатым воздухом. Смесь цемента с заполнителями поступает по шлангу в форсунку, где смешивается с водой и под давлением наносится на поверхность, образуя на ней плотный слой.

Штукатурные станции обычно работают с готовым товарным раствором и применяются на объектах со средними и большими объемами внешних и внутренних штукатурных работ. С помощью штукатурных станций осуществляют высокопроизводительный комплексно-механизированный непрерывный процесс подачи и нанесения раствора. Они представляют собой комплект оборудования для приемки, побуждения, просеивания, перекачивания и нанесения штукатурных растворов, смонтированного в технологической последовательности внутри металлического утепленного кузова, установленного на полозьях, в кузове автоприцепа или на пневмоколесном шасси. Обычно штукатурные станции комплектуются машинами серийного производства. Доставляют станции на объекты грузовыми автомобилями.

Штукатурные станции различают по конструкции и производительности растворонасоса, способу загрузки приемного бункера, типу побудителя-смесителя в приемном бункере. Основным параметром станций является производительность установленных на них растворонасосов. При загрузке приемных бункеров станций раствором транспортные средства (авторасстановки, автосамосвалы) располагаются на уровне стоянки станции или на подъездном пандусе. В качестве побудителей-смесителей, устанавливаемых в приемных бункерах станций, применяют винтовые конвейеры и роторные устройства.

Ручные штукатурно-затилочные машины применяют для выравнивания и затирки различных штукатурных и других покрывочных составов, нанесенных на горизонтальные, наклонные и вертикальные поверхности. Эти машины используют также для затирки цементных стяжек оснований под полы и кровли из мягких рулонных материалов, при однослойном выравнивании гипсобетонных перегородок, затирке поверхностей при изготовлении железобетонных сборных элементов строительных конструкций, для шлифования прощаклеванных и мозаичных поверхностей, облицовок фасадов зданий и т.п.

Штукатурно-затилочные машины со встроенным электроприводом выпускают однодисковыми и двухдисковыми – с наружным и внутренним кольцевыми дисками. В качестве привода этих машин используют асинхронные трехфазные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, работающие на токе повышенной частоты 200 Гц при напряжении 42 В. Машины подключают

к внешней сети переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц через преобразователь частоты тока или к специальной трехфазной сети переменного тока с частотой 200 Гц и напряжением 42 В. Низкое напряжение обеспечивает электробезопасность оператора. Машины комплектуются токоподводящим кабелем.

У двухдисковой машины (рис. 13.3, а, б) двухступенчатый редуктор 3 обеспечивает отдельный привод от электродвигателя 4 наружного 1 и внутреннего 2 затирочных дисков, которые вращаются в противоположные стороны и жестко соединены с выходными валами редуктора. Равнодействующая моментов вращающихся наружного и внутреннего дисков равна нулю, что делает машину устойчивой, уменьшает нагрузку на руки оператора, благодаря чему увеличивается производительность труда и повышается качество работ.

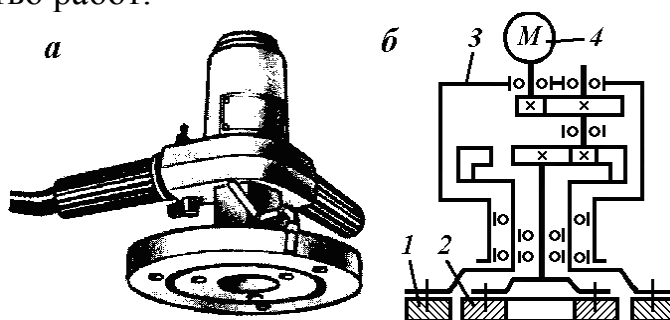


Рис. 13.3. Двухдисковая штукатурно-затирочная машина

Для улучшения качества затираемой поверхности к машинам может подаваться вода, смачивающая затираемую поверхность. Количество воды, подаваемой в зону обработки под давлением 10...30 кПа, зависит от состояния затираемой поверхности и регулируется с помощью переключателя подачи воды. Вода к машинам подается от водопровода по тонкому резиновому рукаву. Переключатель подачи воды и выключатель привода установлены у правой рукоятки управления.

Затирка штукатурной поверхности затирочными машинами выполняется во время процесса схватывания раствора, когда прочность накрывочного слоя достигает 0,05...0,1 МПа, и должна быть закончена до начала его твердения. При затирке штукатурного покрытия штукатурно-затирочной машиной происходят пластическая деформация верхнего слоя и частичное его уплотнение. Одновременно с этим осуществляется выравнивание поверхности по всей площади посредством переноса частиц раствора в плоскости обработки.

При работе штукатурно-затирочную машину плавно перемещают вручную, прижимая диски с определенным усилием к обрабатываемой поверхности.

Производительность затирочных машин до 50 м³/ч.

13.1.2. Оборудование для нанесения на поверхности слоя бетона

Для нанесения на поверхность конструкций тонкого слоя цементно-песчаного раствора или мелкозернистой бетонной смеси применяют специальный аппарат, называемый цемент-пушкой. Этот аппарат использует сжатый воздух и работает совместно с компрессором. Кроме того, в состав

установки, наносящей смесь (производящей торкретирование), входят воздухоочиститель, бак для воды, гибкие шланги, форсунка и питатель. Сухую смесь загружают в цемент-пушку, откуда она транспортируется сжатым воздухом по шлангу и поступает в форсунку. Здесь добавляют к смеси воду, подаваемую под давлением из бака по гибкому шлангу. Из форсунки состав с силой наносится на обрабатываемую поверхность (с расстояния 1...1,2 м) и образует плотный слой толщиной до 20 мм. Цемент-пушка может быть использована и в качестве пескоструйного аппарата для очистки поверхностей.

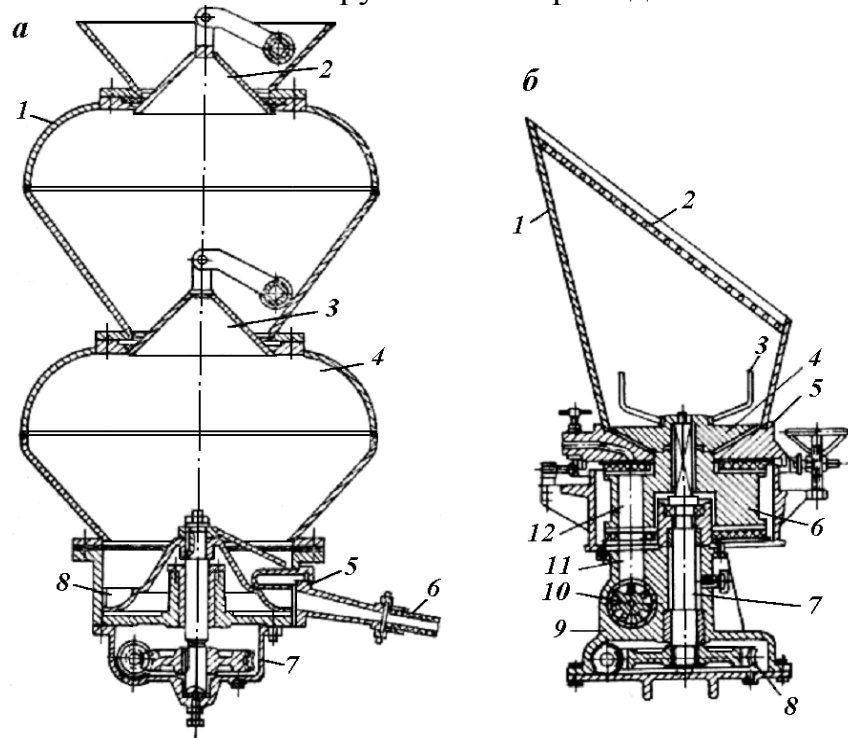


Рис. 13.4. Конструкции цемент-пушек (вертикальный разрез):

а – со шлюзовой камерой: 1 – шлюзовая камера; 2 и 3 – конусные клапаны; 4 – рабочая камера; 5 – выходной патрубок; 6 – шланг; 7 – редуктор; 8 – дисковый питатель; *б* – со шлюзовым барабаном: 1 – воронка; 2 – сетка; 3 – ворошитель; 4 – лопасти; 5 – крышка; 6 – шлюзовый барабан; 7 – приводной вал; 8 – редуктор; 9 – корпус; 10 – барабанный питатель; 11 – отверстие в корпусе для подачи смеси; 12 – полость шлюзового барабана

На рис. 13.4 показаны конструкции цемент-пушки двух типов: со шлюзовой камерой и со шлюзовым барабаном. В первом случае (рис. 13.4, *а*) аппарат состоит из двух камер, расположенных одна над другой и снабженных конусными клапанами, закрывающими отверстия в верхней части камер. Порцию сухой смеси заполнителя и цемента загружают в шлюзовую камеру 1 через воронку и верхнее отверстие при опущенном клапане 3. Клапан нижнего отверстия шлюзовой камеры в это время закрыт и находится под давлением сжатого воздуха. Затем посредством рычага закрывают верхнее отверстие клапаном 2 и впускают сжатый воздух в камеру 1. При возрастании давления в камере 1 открывается клапан 3, и смесь просыпается в рабочую камеру 7 и на дисковый питатель 8. При вращении питателя его ячейки поочередно подходят под выходное отверстие рабочей камеры, и смесь, попадая в них, выдувается через патрубок 5 в шланг, идущий к форсунке.

Цемент-пушка со шлюзовым барабаном (рис. 13.4, *б*) работает следующим образом. Сухая смесь загружается через сито в приемную воронку 1. Побуждаемая ворошителем 3, смесь подается лопастями 4 через два

овальных отверстия в крышке к полости 12 шлюзового барабана 6. Барабан вместе с лопастями и ворошителем насажен на общий вал, приводимый во вращение червячной передачей от электродвигателя. Из полости 12 по каналу 11 смесь сыпается на барабанный (ячейковый) питатель 10. Отсюда смесь попадает в нижерасположенную полость, а из нее выдувается сжатым воздухом в шланг к форсунке.

Для инъектирования полостей, например каналов для наряженной арматуры в виде прядей или арматурных канатов, используют бетононасосы.

13.2. Оборудование для малярных работ

Малярные работы завершают отделку зданий и сооружений (как вновь строящихся, так и реконструируемых и ремонтируемых) и выполняются для придания им эстетичного внешнего вида, оформления интерьеров, увеличения их долговечности, создания нормальных санитарно-гигиенических условий эксплуатации внутренних помещений. К малярным относят также обойные работы. Все основные технологические операции малярных и обойных работ в современном строительстве механизированы, однако их трудоемкость составляет около 10% общих трудовых затрат на строительно-монтажные работы. Малярные работы характеризуются сложностью и многооперационностью технологического процесса, многообразием красочных составов, материалов, машин, механизмов, аппаратуры и приспособлений.

Комплекс производства малярных работ в городском строительстве включает в себя централизованное приготовление малярных составов и полуфабрикатов в специализированных заготовительных колерных цехах и заводах, централизованную доставку готовой товарной продукции на строительные объекты и нанесение малярных составов (с предварительной переработкой полуфабрикатов) на обрабатываемые поверхности механизированным способом.

Приготовление малярных составов из полуфабрикатов и подача их к рабочим местам осуществляются передвижными малярными станциями и агрегатами. Выполнение малярных работ непосредственно на строительном объекте включает подготовку поверхностей и их окрашивание.

Для механизированного окрашивания различных поверхностей масляными, синтетическими и водными составами широко применяют переносные и передвижные окрасочные агрегаты, работающие по принципу распыления красочных составов. В таких агрегатах красочный состав из резервуара силой сжатого воздуха или с помощью насоса подается под давлением к распылительному устройству (соплу, форсунке), дробящему состав на мельчайшие частицы и наносящему его тонким слоем на окрашиваемую поверхность. Различают окрасочные агрегаты воздушного (пневматического) распыления, предназначенные для нанесения на поверхности шпаклевок, нитроэмалей, масляных и клеевых красок, и механического (безвоздушного) распыления, используемые для нанесения на поверхности лакокрасочных материалов, водно-меловых и водно-известковых красочных составов.

Оборудование для малярных работ может быть разделено на две основные группы. К первой группе относится оборудование для приготовления шпаклевок, эмульсий и красочных составов, а ко второй группе – аппараты для нанесения шпаклевочных и красочных составов на обрабатываемую поверхность.

Приготовление шпаклевок, эмульсии, а также красочных составов в большинстве случаев производится централизованно (в мастерских или заготовительных цехах строительных организаций). Для этой цели промышленность выпускает мелотерки, краскотерки, эмульсаторы и другое оборудование.

Мелотерки. Для подготовки мела, необходимого при приготовлении шпаклевок, замазок, красочных составов, применяются мелотерки, преимущественно роторного типа. При вращении ротора куски мела измельчаются, ударяясь под действием центробежной силы об отбойную плиту. Производительность роторных мелотерок достигает 300 кг/ч.

Краскотерки. Жерновые, дисковые и валковые краскотерки применяются для приготовления шпаклевок, паст, красочных составов. Материалы в жерновых краскотерках перетираются между подвижным и неподвижным жерновами, в дисковых – между подвижными и неподвижными дисками и в валковых – между вращающимися валками. Наибольшее применение получили жерновые краскотерки с электрическим приводом, обеспечивающие тонкость помола 0,020...0,035 мм. Жерновые краскотерки применяются для приготовления пастообразных материалов и колеров, их производительность достигает 400 кг/ч. На рис. 13.5 показано устройство жерновой краскотерки.

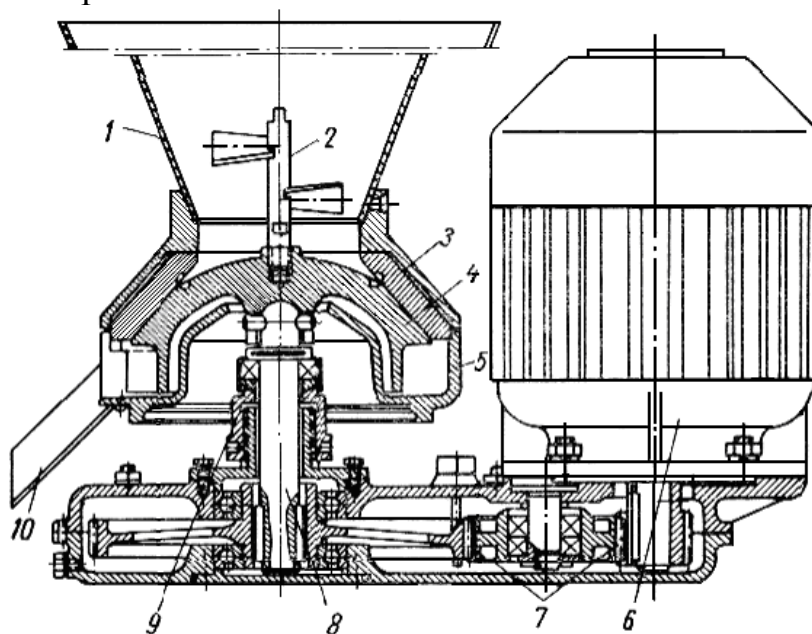


Рис. 13.5. Жерновая краскотерка:

1 – загрузочный бункер; 2 – лопастной вал; 3 – жернов неподвижный; 4 – то же подвижный; 5 – приемная чаша; 6 – электродвигатель; 7 – зубчатая передача; 8 – вертикальный вал; 9 – гайка регулирования зазора между жерновами; 10 – разгрузочный лоток

Материал, поступающий в загрузочный бункер 1, побуждаемый лопастным валом 2, проходит между неподвижным 3 и подвижным 4

жерновами и перетирается. Жернова, изготовленные из отбеленного чугуна, на рабочих поверхностях имеют канавки для лучшего захвата материала. Перетертый материал поступает в приемную чашу кольцевой формы и далее по разгрузочному лотку 10 выходит из краскотерки. Дисковые краскотерки используются только для приготовления колеров, а валковые – для пастообразных материалов.

Красконагнетательные баки. Перемешивание красочных составов и их подача к краскораспылителям для нанесения на окрашиваемые поверхности производится с помощью красконагнетательных баков с механическим или пневматическим перемешиванием красочных составов. Они предназначены для клеевых и масляных красок, а также нитроэмалей к другим лакокрасочным материалам. Механическое перемешивание осуществляется винтом или лопастями, приводимыми во вращение вручную или от пневматического привода.

На рис. 13.6 показан красконагнетательный бак с перемешиванием красочных составов сжатым воздухом. Бак герметически закрывается съемной крышкой, закрепляемой накладными болтами 2. На крышке установлены: воронка с краном 5 для заполнения бака материалами, кран 6 для связи полости бака с атмосферой при перемешивании красочных составов, кран 3 с патрубком для подачи сжатого воздуха в бак, манометр для контроля давления в баке. В нижней части бака установлен кран 8 для подачи красочного состава к распылителю через присоединяемый к нему резиновый шланг. После заполнения бака красочным составом на $\frac{2}{3}$ его емкости подается воздух от компрессора через кран 3 при открытом кране 6 и закрытых кранах 5 и 8. Перемешивание занимает 2...3 мин, после чего красочный состав подается к распылителю. Нагнетательные баки работают под давлением воздуха 4 ат. Емкость бака составляет от 16 до 100 л; при емкости свыше 40 л обеспечивается одновременная работа двух распылителей.

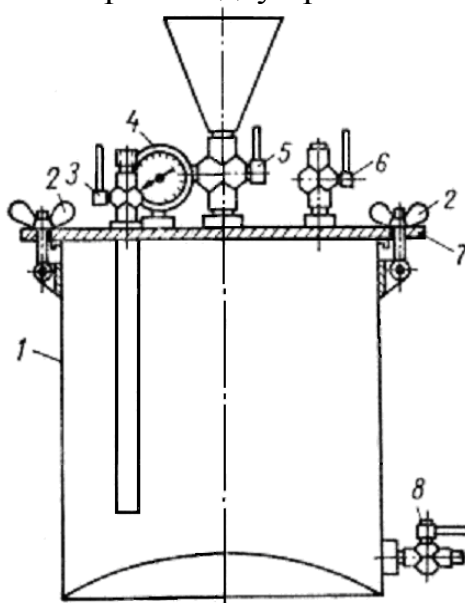


Рис. 13.6. Красконагнетательный бак:

1 – бак; 2 – накладной болт; 3, 5, 6, 8 – краны; 4 – манометр; 7 – крышка бака

Краскопульты. Для окраски поверхностей применяются переносные ручные и электрические краскопульты, подающие красочный состав в форсунку, распыливающую его в виде конусообразного факела, направляемого на окрашиваемую поверхность.

Ручной краскопульт состоит из цилиндрического стального резервуара, внутри которого помещен ручной плунжерный насос. В подставке расположены всасывающий и нагнетательный шаровые клапаны. К подставке посредством штуцера присоединяется приемный прорезиненный шланг с сетчатым фильтром на конце. Распылителем служит форсунка на конце удочки, снабженной краном со штуцером, соединенным с напорным шлангом.

Электрический краскопульт (рис. 13.7) состоит из диафрагмового насоса с приводом, ресивера, всасывающего прорезиненного шланга с фильтром, нагнетательного шланга и удочки. Подобно ручным краскопультам, электрокраскопульты предназначены для нанесения на поверхности водно-известковых и водно-меловых красочных растворов. В корпусе 1 расположены двухступенчатый редуктор и кривошипно-шатунный механизм. В коробке 10 размещены всасывающий, нагнетательный и перепускной клапаны. Перепускной клапан служит для подачи красочного состава в заборный шланг. Резиновая диафрагма 2 насоса приводится в движение от электродвигателя через редуктор, эксцентрик и шатун. Число колебаний диафрагмы в минуту составляет у разных моделей краскопультов от 390 до 2300. Электрокраскопульты имеют производительность до $200 \text{ м}^2/\text{ч}$.

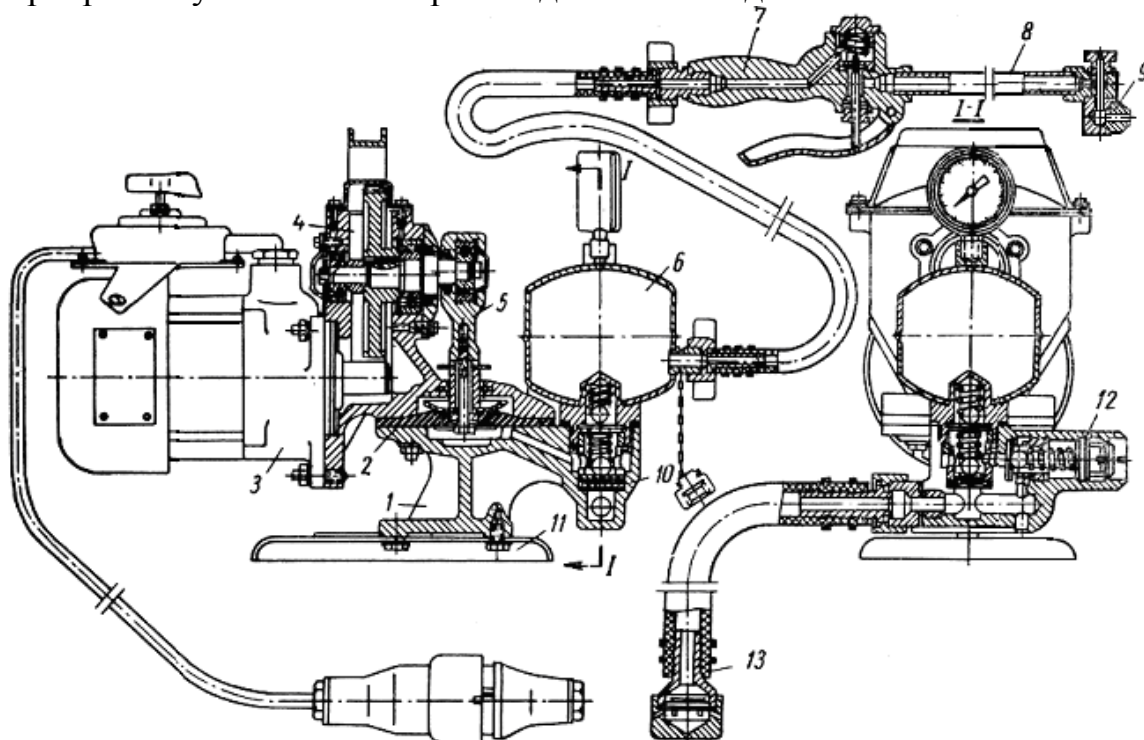


Рис. 13.7. Электрокраскопульт:

1 – корпус; 2 – диафрагма; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор; 5 – шатун; 6 – ресивер; 7 – кран удочки; 8 – удочка; 9 – форсунка; 10 – клапанная коробка; 11 – подставка; 12 – регулировочный винт; 13 – фильтр

Пистолеты-распылители. Для окраски поверхностей различными красочными составами широко применяются пистолеты-распылители. Как

правило, они работают от передвижной компрессорной установки (иногда используется источник сжатого воздуха).

Существуют различные конструкции пистолетов-краскораспылителей. Устройство одного из них показано на рис. 13.8. В передней части корпуса имеется смесительная головка 3, внутри которой находится сопло 4, запираемое иглой 9 под действием пружин, размещенных в задней части корпуса. Штуцер 7 служит для присоединения воздушного шланга. Краска поступает из сменного бачка по трубке 1. Давление краски в бачке регулируется (в пределах 1,5...4 ат) винтом.

При нажатии на курок 8 перемещаются клапан подачи воздуха и игла 9. Краска поступает к соплу. Одновременно поступает в головку и сжатый воздух. При выходе из головки воздух увлекает краску и распыливает ее. Вместо подвешиваемого бачка можно присоединять шланг и подавать краску из красконагнетательного бачка. Производительность пистолетов-распылителей различных конструкций составляет от 20 до 400 м²-окрашенной поверхности за 1 ч.

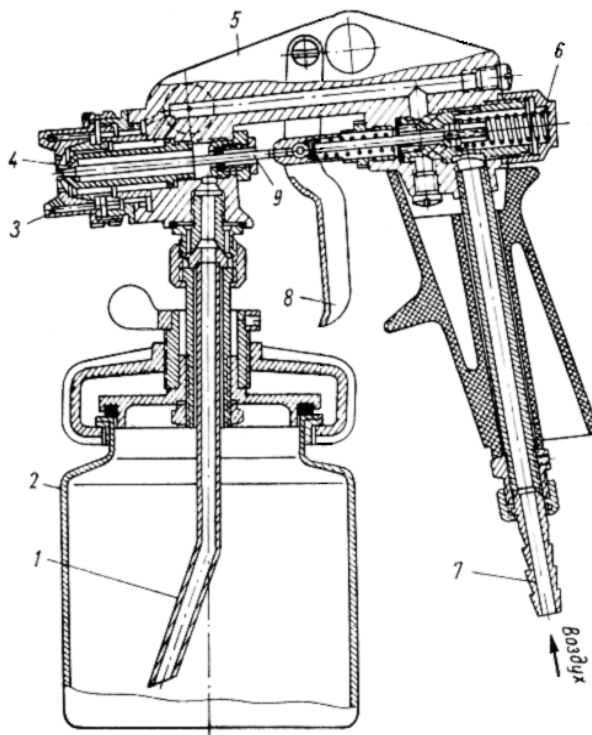


Рис. 13.8. Краскораспылитель:

1 – трубка; 2 – бачек; 3 – головка; 4 – сопло; 5 – корпус; 6 – пружина; 7 – штуцер; 8 – курок; 9 – игла

При больших объемах окрасочных работ применяют передвижные малярные станции, включающие комплекты механизированного оборудования для окрасочных работ.

13.3. Машины для устройства и отделки полов

На объектах жилищного, гражданского и промышленного строительства сооружают полы нескольких видов (сплошные монолитные, дощатые и паркетные, из штучных, рулонных и ковровых материалов), для устройства и отделки которых применяют машины, различные по конструкции и назначению.

13.3.1 Машины для отделки дощатых и паркетных полов.

Для механизации работ по обработке дощатых и паркетных полов используют строгальные и шлифовальные машины, передвигаемые на колесах по обрабатываемой поверхности оператором вручную. Строжку полов непосредственно у стен, на участках небольшой площади и в труднодоступных местах осуществляют ручными электрическими рубанками.

Машина для строжки деревянных полов (рис. 13.9) состоит из корпуса, ножевого барабана, электродвигателя, клиноременной передачи, узла управления, ходовых колес и вентилятора.

Рабочим органом машины служит ножевой барабан 2, приводимый во вращение от асинхронного трехфазного электродвигателя 8 на напряжение 380 В через клиноременную передачу. На цилиндрической поверхности ножевого барабана имеются три продольных паза, в которых с помощью сухарей 5 и винтов 4 закреплены сменные плоские ножи 6. Возвышение режущих кромок ножей относительно поверхности барабана не превышает 3 мм. Барабан тщательно сбалансирован во избежание вибрации при вращении и установлен внутри корпуса 3 машины так, что может обрабатывать полы в непосредственной близости от стен. Натяжение клинового ремня регулируется винтом 7. Для отвода стружки из зоны строгания на валу барабана установлен вентилятор, создающий воздушный поток, которым стружка отводится через отверстие, расположенное в задней части корпуса.

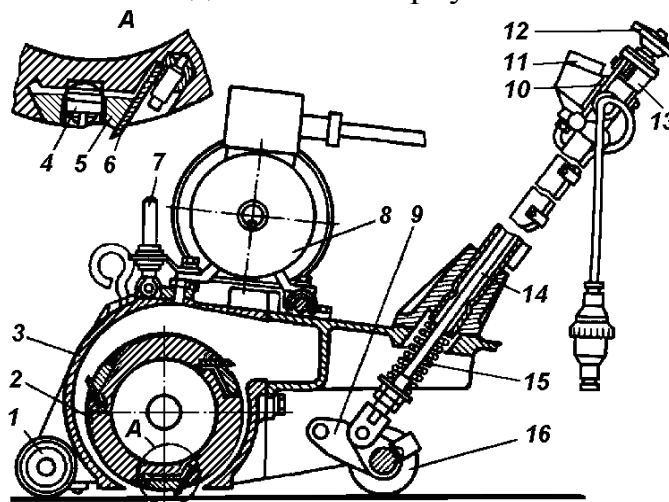


Рис.13.9. Машина для строжки деревянных полов

Машина опирается на передний ролик 1 и задние колеса 16. Узел управления 13 имеет стойку с рукоятками для перемещения машины, устройство для регулировки глубины строгания и быстрого отвода барабана из зоны резания. Глубина строгания регулируется поднятием и опусканием задних колес 16, установленных на траверсе 9. Перемещение траверсы осуществляется гайкой 12 через тягу 14 с пружиной 15. Быстрый отвод ножевого барабана из зоны резания осуществляется рукояткой 10 винтового механизма, связанного с тягой. Пуск и остановка электродвигателя производятся магнитным пускателем с помощью кнопочного поста управления 11.

Некоторые модели строгальных машин оборудуются ножевыми барабанами, на которых ножи расположены в шахматном порядке. Перед началом работы пол очищают от загрязнений и увлажняют водой. Стругание ведется вдоль волокон древесины путем плавного передвижения машины вперед. Стругание выполняют прямыми полосами, перекрывая каждый раз на 50...100 мм предыдущую, уже обработанную полосу. Основными параметрами строгальных машин являются глубина и ширина строгания за один проход.

Производительность строгальных машин 45...65 м²/ч, частота вращения ножевого барабана 47 с⁻¹, ширина полосы строгания 280...310 мм, максимальная глубина строгания 3 мм.

Паркетшлифовальные машины предназначены для шлифования паркетных и дощатых полов после строжки, а также могут быть использованы при ремонте деревянных покрытий полов для снятия мастики и лакокрасочных покрытий. Различают два типа паркетшлифовальных машин: с барабанным рабочим органом – для шлифования больших открытых площадей полов и дисковым рабочим органом – для шлифования небольших участков полов и сложных по конфигурации в плане и в труднодоступных местах (в нишах, узких проходах, углах, вдоль стен, под радиаторами отопления и т.п.). На рабочих поверхностях барабанов и дисков крепят шлифовальные шкурки на саржевой основе средней плотности с различными абразивными материалами (электрокарборундом, карборундом, кремнием и др.). Паркетное покрытие шлифуют за 2...3 прохода, заменяя шлифовальную шкурку. При первом проходе (грубое шлифование) используют шкурку зернистостью 24...36. Для второго прохода при чистовом шлифовании применяют шлифовальные шкурки зернистостью 60...80. Все паркетшлифовальные машины оборудованы пылеотсасывающим устройством, состоящим из вентилятора, пылеотводной трубы и пылесборника – съемного мешка из специальной ткани для сбора отходов шлифования.

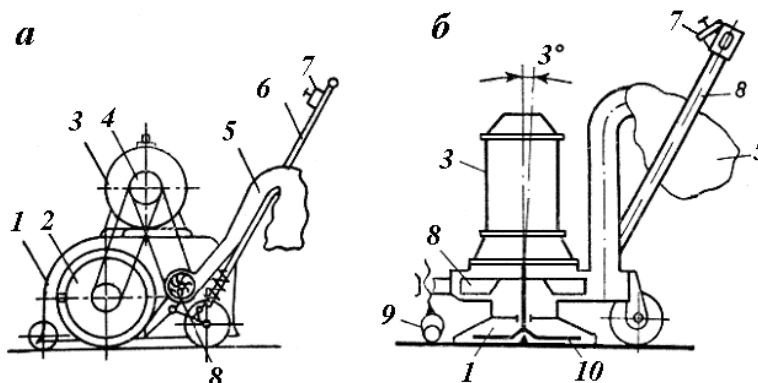


Рис. 13.10. Паркетшлифовальные машины: а – с горизонтальным барабаном; б – с вертикальным валом; 1 – кожух; 2 – барабан; 3 – электродвигатель; 4 – клиноременная передача; 5 – пылесборник; 6 – рукоять; 7 – выключатель; 8 – вентилятор; 9 – шаровая опора; 10 – шлифовальный диск

Паркетшлифовальные машины выпускаются как с вертикальным (рис. 13.10, б), так и с горизонтальным валом. На рис. 13.10, а показана схема машины с горизонтальным барабаном, приводимым во вращение от электродвигателя посредством клиноременной передачи. На барабане с обрезиненной поверхностью закрепляется шлифовальная шкурка требуемой

зернистости. Положение шлифовального барабана по высоте можно изменять при помощи такого же устройства, какое применено в приведенной выше строгальной машине.

При настилке паркета пользуются переносным станком, на котором можно нарезать паркетную клепку, фуговать кромки и фрезеровать пазы. Станок выполнен в виде рамы, на которой установлены пила, фреза и ножевой барабан. Рабочие органы размещены на общем валу с приводом от электродвигателя клиноременной передачей.

13.3.2. Машины для устройства полов из рулонных и плиточных материалов.

При устройстве полов с покрытиями из рулонных материалов в жилых, общественных и промышленных зданиях выполняют механизированным способом подготовку поверхности оснований (заглаживание бетонных оснований и их железнение, окончательную затирку цементных стяжек и т.п.), продольную прирезку кромок полотнищ линолеума, сварку полотнищ линолеума в ковры и приклейку их к основанию по всей площади клеями и мастиками с последующей прикаткой катками статического действия и виброкатками. Особое внимание уделяют качественной подготовке основания, поскольку рулонные материалы обладают свойством «отпечатывать» все неровности основания даже при самой тщательной приклейке покрытия.

Двухдисковая машина для затирки цементных стяжек (рис. 13.11) предназначена для окончательной затирки цементных стяжек под укладку полов из синтетических ковров, линолеума, плитки ПВХ и других материалов. Затирка осуществляется двумя дисками 4 из древесностружечного материала, вращающимися в разные стороны с частотой 9 с^{-1} от электродвигателя 2 через редуктор 3. Противовращение дисков обеспечивает прямолинейное поступательное движение машины. Во время работы машины в зону затирки по шлангу подводится вода, что облегчает затирку. Диски диаметром 200 мм крепятся к выходным валам редуктора через резиновые мембраны, что обеспечивает самоустановку дисков, равномерность их износа и плавную работу машины.

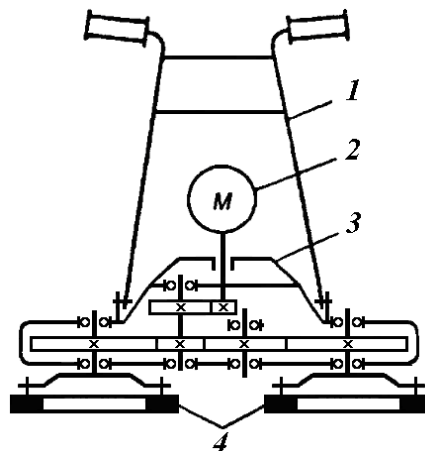


Рис. 13.11. Схема машины для затирки цементных стяжек

К корпусу редуктора прикреплена рукоятка управления 1, на которой установлен пакетный выключатель для пуска и остановки электродвигателя и

кран для подачи воды в зону обработки поверхности. За один проход машина шлифует полосу шириной 425 мм. Электродвигатель машины на напряжение 42 В подключается к электросети переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц через преобразователь частоты тока. Перед пуском электродвигателя машину сначала поднимают на рукоятке управления так, чтобы затирочные диски не касались поверхности пола; затем включают электродвигатель и медленно опускают машину на обрабатываемую поверхность. Износ рабочих дисков в процессе работы не должен превышать 2/3 их высоты. Изношенные диски заменяют одновременно во избежание их разновысотности.

Сварку полотнищ линолеума с прирезанными друг к другу кромками осуществляют тепловым и холодным методами. Тепловой метод применяют для сварки полотнищ поливинилхлоридного линолеума, в котором содержится не менее 40% по массе поливинил-хлоридной смолы. При нагревании до температуры 200°C такой материал переходит в вязкотекучее состояние, а при охлаждении основа затвердевает, приобретая первоначальную прочность. Холодный метод сварки применяют для нетермопластичных линолеумов, которые невозможно сваривать тепловым методом. Холодная сварка заключается в склеивании торцов кромок стыкуемых полотнищ линолеума специальными составами, обеспечивающими прочное клеевое соединение.

При тепловом методе сварку стыков полотнищ осуществляют горячим воздухом и инфракрасными лучами. Наибольшее распространение получила сварка инфракрасными лучами, источником которых являются аппараты инфракрасного излучения, выполненные по единой конструктивной схеме в виде нагревательного утюжка. Они обеспечивают непрерывный процесс сварки линолеума и перемещаются оператором вдоль стыка вручную.

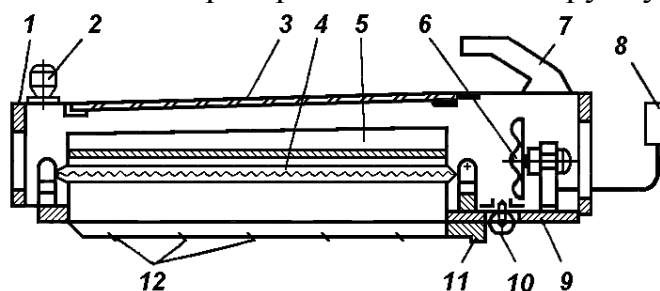


Рис. 13.12. Аппарат для сварки линолеума

Аппарат (рис. 13.12) состоит из корпуса 1 со смотровым окном, формующей пластины 9 с продольной прорезью, в которой расположены поперечные перемычки 12, двух галогенных ламп 4, установленных в отражателях 5, П-образного формующего элемента 11, подпружиненного прижимного ролика 10, вентилятора 6, регулятора напряжения 8 и питающего кабеля.

Принцип работы аппарата состоит в нагревании до вязкотекучего состояния свариваемых кромок линолеума инфракрасными излучателями – галогенными лампами, создающими тепловой поток, который направляется отражателями через продольную прорезь формующей пластины на свариваемые кромки. При перемещении аппарата вручную с помощью ручек 2 и 7 вдоль стыка шва

происходит его заделка разогретой (до 140...160°C) массой под воздействием поперечных переемычек 12 П-образного формующего элемента и прижимного ролика 10. Для наблюдения за ходом сварки в корпусе имеется смотровое окно со стеклофильтром 3. Встроенный в корпус вентилятор 6 служит для обдува потоком воздуха формующей пластины и охлаждения корпуса и ручек в процессе сварки. Регулятор напряжения поддерживает напряжение на заданном уровне, соответствующем типу свариваемого линолеума. Производительность аппарата 50...80 м/ч, потребляемая мощность не более 2,0 кВт.

Свежеуложенный на клеевую или мастичную прослойку линолеум прикатывают виброкатками. Под воздействием вибрации осуществляется равномерное перераспределение материала прослойки, удаление воздуха и плотное прижатие линолеума к поверхности основания.

Виброкатки используют также для втапливания керамических плиток в жесткий цементно-песчаный раствор при устройстве плиточных полов и прикатке плиток из синтетических материалов. Использование виброкатка позволяет ликвидировать ручную операцию по заполнению швов между плитками цементным раствором. Виброкаток работает в комплекте с устройством для резки керамических плиток и с шаблонами барабанного или секционного типа для раскладки керамических плиток по прослойке из жесткого раствора перед их вибровтапливанием.

При устройстве цементно-песчаных и бетонных стяжек, бетонных и мозаичных полов для подачи и нанесения готовых жестких цементно-бетонных смесей (осадка конуса 3...5 см) используют машины-пневмонагнетатели.

Для выравнивания, уплотнения и предварительного заглаживания стяжек и полов применяют электромеханические поверхностные вибраторы – виброрейки и площадочный вибратор (при малых объемах работ), которые передвигают по уплотняемой поверхности с помощью гибких тяг.

Для заглаживания и железнения бетонных и цементно-песчаных полов используют универсальную машину. При устройстве и отделке монолитных бетонных полов методом вакуумирования применяют вакуумный комплекс. Предварительную обработку (обдирку) бетонных полов осуществляют фрезерными машинами (серийно не выпускаются), последующее чистовое шлифование поверхности пола – мозаично-шлифовальными машинами: ручными при небольших объемах работ и самоходными (крупными партиями не выпускаются) при больших объемах работ. Для очистки обработанной мозаично-шлифовальными машинами поверхности используют шламоуборочную машину. Для устройства наливных полов применяют передвижные станции.

Виброрейки обеспечивают проработку слоя бетонной смеси на глубину до 150 мм и оснащаются одинаковыми мотор-вибраторами мощностью 0,25 кВт и регулируемой вынуждающей силой 2...5,6 кН.

Универсальные заглаживающие машины (рис. 13.13) осуществляют окончательную отделку поверхностей полов после процесса уплотнения смеси виброрейками; они укомплектованы чугуном диском 1 диаметром 880 мм для предварительного заглаживания и железнения бетонных и цементных полов, а

также лопастным рабочим органом диаметром 800 мм для чистовой отделки пола с четырьмя (тремя) металлическими заглаживающими лопастями 11, расположенными в одной плоскости под углом 90° (120°) друг к другу. Лопастной рабочий орган крепится на выходном валу червячного редуктора 5 привода и состоит из планшайбы 8, в направляющих втулках которой установлены оси с лопастедержателями и заглаживающими лопастями, и механизма регулирования угла наклона лопастей, обеспечивающего плавное изменение угла наклона лопастей к заглаживаемой поверхности при работе в пределах от 0 до 10° .

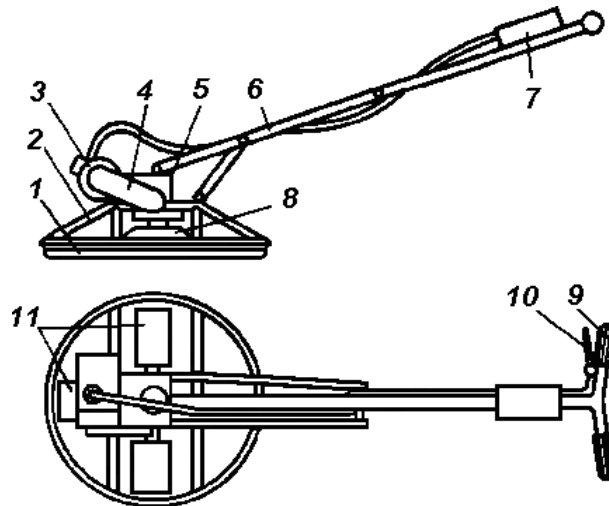


Рис. 13.13. Универсальная заглаживающая машина

При необходимости диск с помощью лопастедержателей закрепляется на лопастном рабочем органе, который превращается в дисковый. Привод рабочего органа состоит из двухскоростного электродвигателя 3, клиноременной передачи 4 и червячного редуктора 5. Двухскоростной электродвигатель обеспечивает вращение дискового рабочего органа с частотой 1 с^{-1} и лопастного с частотой 2 с^{-1} . Рабочий орган имеет защитное ограждение 2.

Для передвижения машины оператором служит складная рукоятка 6 (складывается в транспортном положении) с двумя ручками 9 управления, регулируемая по высоте. На верхней части рукояти установлены механизм управления приводом и электропусковая аппаратура 7, состоящая из пакетного переключателя, пускателя, микропереключателя и защитно-отключающего устройства.

Механизм управления приводом включает рукоятку 10, шарнирно установленную на правой ручке и связанную с помощью тросика с нажимным рычагом, воздействующим на микровыключатель, который при нажатии на рукоятку 10 замыкает цепь управления приводом, осуществляя пуск электродвигателя. Машина подключается к трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц через защитно-отключающее устройство с помощью кабеля и штепсельных разъемов.

Вакуумный комплекс (рис. 13.14) предназначен для устройства монолитных бетонных полов и их обработки методом вакуумирования. Сущность вакуумирования заключается в удалении избыточной воды затворения в смеси и воздуха (водовоздушной смеси) из свежеложенного и

виброуплотненного слоя бетона под воздействием вакуума. Удаляемая из бетона водовоздушная смесь увлекает за собой частицы цемента, которые заполняют поры и скапливаются на поверхности. Это приводит к повышению прочности вакуумированного бетона по сравнению с обычным на 20...25%, уменьшению усадки и ускорению твердения бетона, увеличению водонепроницаемости, морозо- и износостойкости его поверхностного слоя, а также позволяет производить окончательную обработку поверхности пола заглаживающими машинами практически сразу же после завершения процесса вакуумирования.

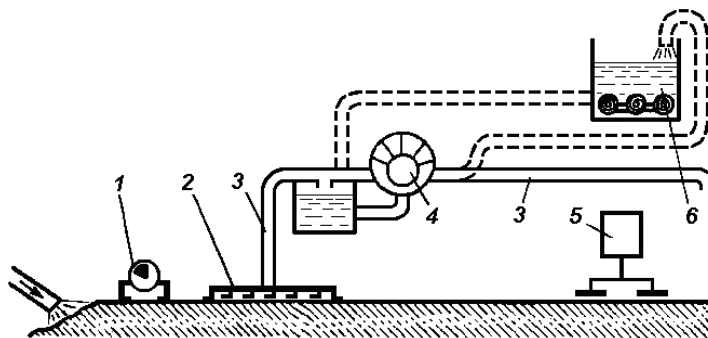


Рис. 13.14. Вакуумный комплекс для устройства монолитных бетонных полов

В состав комплекса входят: набор виброреек *1* различной длины (1,5; 3,0; 4,5 м) с опорами и направляющими; вакуумный агрегат *4* с набором шлангов; отсасывающие маты (вакуум-маты) *2* различного размера; две заглаживающие машины *5* с набором дисковых и лопастных рабочих органов для черновой и чистовой обработки поверхности пола; ванна *6* для промывки фильтровально-дренажного слоя вакуум-матов; комплект шлангов *3* и соединительные устройства для соединения вакуум-агрегата с вакуум-матами в процессе работы; передвижной шкаф управления; контейнер для хранения и перевозки оборудования.

Технологический процесс отделки бетонных и мозаично-террацевых покрытий полов включает обдирку, чистовое шлифование и полирование обрабатываемой поверхности. Механизированную отделку поверхности мозаично-террацевых и бетонных покрытий полов производят с помощью ручных и самоходных мозаично-шлифовальных машин.

Мозаично-шлифовальная машина (рис 13.15) состоит из корпуса, бегунковых блоков, вертикального вала, зубчатой передачи, электродвигателя и рукоятки. Блок состоит из трехрожковой траверсы, в которой закреплены планшайбы с абразивными камнями. Вращение траверсе сообщается от электродвигателя посредством зубчатой передачи и вала *3*. Бегунковый блок закрыт кожухом, предотвращающим разбрызгивание шлама при работе машины. По трубке *2* подается вода через вертикальный вал на шлифуемую поверхность. Ходовая часть машины состоит из размещенных на общей оси двух обрешиненных колес, подъем и опускание которых производятся при помощи винта и гайки с маховиком. Для обдирки пользуются шлифовальными камнями зернистостью 16...24 (т.е. количеством зерен на 1 см²), для чернового и чистового шлифования – камнями зернистостью соответственно 46...80 и

230...325. Поверхность, покрытую окисью хрома или олова, полируют войлочными дисками. Имеются также двухтраверсные машины. Траверсы вращаются в разные стороны, что облегчает передвижение машины в процессе работы. Производительность мозаично-шлифовальных машин составляет 3...6 м²/ч.

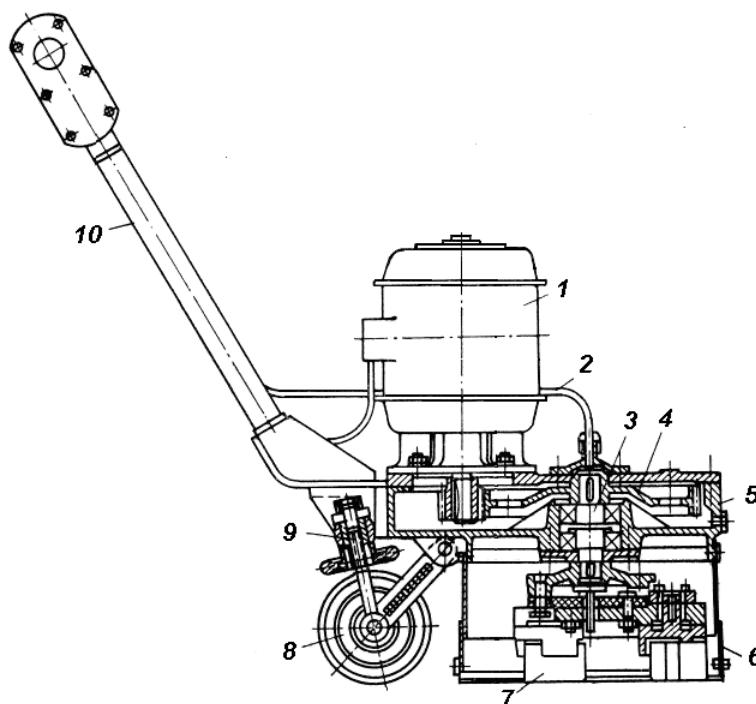


Рис. 13.15. Мозаично-шлифовальная машина:

1 – электродвигатель; 2 – трубка; 3 – вертикальный вал; 4 – зубчатая передача; 5 – корпус;
6 – кожух; 7 – шлифовальные камни; 8 – колесо; 9 – устройство для опускания и подъема колес; 10 – рукоятка

В современном строительстве процесс устройства наливных поливинилацетатных полов комплексно механизирован за счет применения высокопроизводительных передвижных механизированных станций, укомплектованных взаимно увязанными по производительности машинами и механизмами для приготовления (переработки), подачи и нанесения мастичных составов, средствами механизации для подготовки основания пола, а также приборами и приспособлениями для контроля качества производимых работ. Передвижные станции, как правило, комплектуются серийно выпускаемыми строительно-отделочными машинами и механизмами.

13.4. Машины для кровельных работ

Устройство кровельных покрытий в общем комплексе строительно-монтажных работ занимает одно из важных мест, их трудоемкость составляет 14...16% общей трудоемкости возведения зданий, а стоимость 8...12% общей стоимости зданий. Различают кровли ковровые (многослойные) из рулонных материалов, мастичные (однослойные) – из мастик и эмульсий и штучные из листовых, плитных и других материалов. В настоящее время основными видами кровельного покрытия в строительстве являются рулонные и безрулонные мастичные кровли, удельный вес которых составляет более 90%.

13.4.1. Машины для устройства рулонной кровли

Рулонные кровли разделяют на два вида: устраиваемые из рулонных материалов, для приклейки которых к основанию применяют заранее приготовленные горячие и холодные битумные мастики (мастичный); кровли, устраиваемые из рулонных материалов с наплавленным в заводских условиях слоем битумной мастики (безмастичный).

Технологический цикл устройства рулонной кровли мастичным способом включает в себя следующие операции: подготовку основания кровли; очистку рулонных материалов от защитной минеральной посыпки и их перемотку для устранения деформаций; подъем доставленных на объект материалов для устройства кровли на основании крыши; устройство гидроизоляционного кровельного ковра.

При механизированном способе производства работ готовый двух-, трех- или четырехслойный гидроизоляционный ковер наклеивается на подготовленное основание кровли с помощью горячих и холодных битумных мастик.

При этом способе устройства кровли довольно высока доля ручного труда, сложен контроль толщины наносимого на основании кровли слоя битумной мастики при укладке гидроизоляционного ковра, что приводит к снижению качества работ и перерасходу клеящих материалов.

Поэтому все большее применение при устройстве гидроизоляционного кровельного ковра получают наплавляемые рулонные материалы, на поверхность которых в период изготовления в заводских условиях нанесен с обеих сторон утолщенный слой (0,6...4 мм в зависимости от марки) битумной мастики.

Применение наплавливаемых кровельных рулонных материалов позволяет значительно упростить технологию и продолжительность устройства кровельного гидроизоляционного ковра, исключить необходимость приготовления на объектах клеящих материалов, в 2...2,5 раза снизить затраты ручного труда и себестоимость кровельных работ, уменьшить расход битумных материалов, сократить до 2...3 единиц номенклатуру кровельных машин и автоматизировать их работу, обеспечить высокое качество кровли, повысить культуру производства кровельных работ и производительность труда, улучшить условия труда рабочих.

Непосредственно перед наклейкой гидроизоляционного ковра производят удаление с поверхности основания кровли наледи, инея, слоя снега и сушку основания с помощью специальных передвижных машин, осуществляющих тепловую обработку поверхности.

Различают два способа наклейки наплавливаемых рулонных материалов – *огневой* (горячий), при котором покровный битуминозный слой материала доводят до клеящего состояния путем разогрева (подплавления) до температуры 160...180°C пламенем горелок; *безогневой* (холодный), при котором покровный битуминозный слой материала доводят до клеящего состояния путем воздействия на него специальных растворителей-пластификаторов (уайт-спирита, керосина и др.). При безогневом способе для получения качественного кровельного покрытия требуется нанесение на

контактирующие поверхности рубероида и основания кровли растворителя-пластификатора из расчета $45...60 \text{ г/м}^2$ с последующим прикатыванием рулонного материала.

Для механизации процесса устройства гидроизоляционного ковра из наплавляемых материалов безогневым способом на плоских крышах применяют передвижные машины и комплексно-механизированные установки (кровельные комплексы).

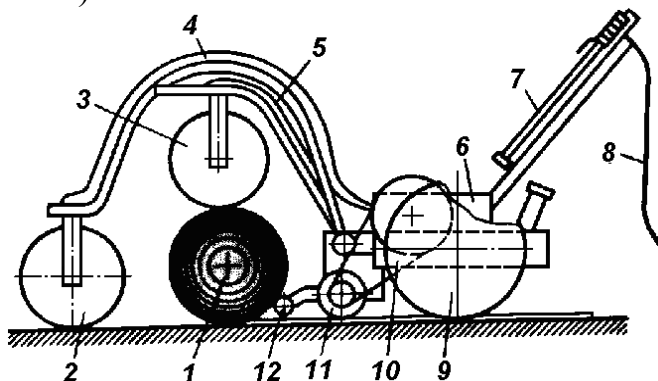


Рис. 13.16. Схема кровельной установки для укладки и наклейки наплавленного рубероида безогневым способом

Кровельный комплекс применяется при производстве кровельных работ больших объемов при температуре окружающего воздуха от 5 до 45°C . В комплекс входят: кровельная установка (рис. 13.16) для нанесения растворителя на склеиваемые поверхности; приспособление для питания из расходной емкости (бочки) растворителем кровельной установки в процессе устройства кровельного ковра и удочки при устройстве мест примыкания; каток для прикатки кровельного материала при устройстве мест примыкания и водоотводов; удочка для нанесения растворителя вручную на склеиваемые поверхности в начале процесса наклейки рубероида и в местах примыкания; тележка грузоподъемностью 250 кг для подвоза к месту производства работ рулонного материала и бочек с растворителем; поддон для установки бочек с растворителем с целью сохранности кровельного ковра; устройство для раскатки и прикатки рулонных материалов; кровельные ножницы для раскроя рулонного материала толщиной до 4 мм .

Установка передвигается оператором вручную на колесах 9 и 11 . На раме установки смонтированы ролик-толкатель 12 для раскатки рулонного материала 1 , заполняемый растворителем дозатор 6 , поролоновые смачивающие валики 2 и 3 и трубопроводы 4 и 5 для подачи к валикам растворителя из дозатора. При движении машины вперед валик 2 наносит равномерный слой растворителя на основании кровли, валик 3 – на поверхность раскатываемого рулонного материала. Переднее колесо 11 машины кинематически связано передачей 10 с дозатором 6 , что обеспечивает одновременность подачи растворителя к обоим поролоновым валикам, равномерность их насыщения в пределах $0,27...0,32 \text{ г/см}^3$ и равномерность нанесения растворителя на склеиваемые поверхности. Для нанесения растворителя вручную на склеиваемые поверхности в начале процесса

наклейки рубероида и в местах примыкания служит удочка 7 с резиновым рукавом 8. Производительность установки 150 м²/ч, масса 75 кг.

Холодный способ устройства рулонной кровли прост по технологии и механизации, а также пожаробезопасен. При этом способе долговечность кровли на 25...30% выше по сравнению с горячим (огневым) способом приклейки. Основной недостаток холодного способа – понижение скорости испарения растворителя из пластифицированного слоя при понижении температуры окружающего воздуха.

Машины для наклейки наплавляемых рулонных материалов огневым способом – передвижные (самоходные и передвигаемые оператором вручную), работающие, как правило, на сжиженном газе (пропан-бутане).

При передвижении машины горелочный блок подплавляет покровный слой мастики по всей ширине рулонного материала 6, раскатываемого рулоноукладчиком по поверхности основания кровли. Прикатка полотнища материала к основанию кровли осуществляется прикаточными катками, установленными на подпружиненных плавающих опорах, что обеспечивает плотное прилегание катков к прикатываемому полотну. Газовоздушная смесь подается к блоку горелок под давлением 0,2...0,3 МПа из газовых баллонов через редуктор. Привод шасси обеспечивает рабочую скорость передвижения машины 200 м/ч. Машину обслуживают два оператора. Управление машиной ведется с выносного пульта управления. Производительность машины 200 м²/ч, давление газа в блоке горелок 0,2...0,3 МПа, установленная мощность 1,0 кВт.

Огневой способ устройства рулонной кровли не получил широкого распространения в связи с тем, что существующие средства его механизации сложны по конструкции и не вполне удобны для эксплуатации, а экономичность этого способа низка, так как рассеивание тепловой энергии достигает 60...70%. Применение открытого пламени для подплавления покровного слоя рубероида связано с повышенной пожарной опасностью, возможностью теплового облучения рабочих-кровельщиков, а также со снижением эксплуатационных качеств устраиваемых кровель в результате возгонки легковоспламеняемого битума из основы и смешивания его с массой покровного слоя и пережога материалов.

В настоящее время вместо рулонных кровель все чаще применяют более долговечные и менее трудоемкие безрулонные мастичные кровли, при устройстве которых в 2...2,5 раза выше уровень механизации и значительно ниже стоимость укладки и ремонта. Кроме того, их можно устраивать механизированным способом на поверхности самых различных уклонов и конфигурации.

13.4.2. Машины для устройства безрулонной кровли

Безрулонные мастичные кровли получают путем налива или набрызга (по методу окрасочной технологии) механизированным способом гидроизоляционного слоя из кровлеобразующих битумно-полимерных или полимерных мастик, многие из которых можно наносить в холодном виде. Технологический цикл нанесения безрулонной кровли осуществляется непрерывно. Для устройства безрулонных кровельных покрытий из мастичных материалов на полимерной

основе типа «Кровлелит» и «Вента» применяют передвижные агрегаты и станции, обеспечивающие подачу на крышу и нанесение мастики на подготовленное основание кровли методом безвоздушного распыления. Передвижная станция обеспечивает комплексную механизацию всех технологических операций по устройству мастичной кровли: разгрузку мастичных материалов, понижение их вязкости, подачу и нанесение мастики на обрабатываемую поверхность.

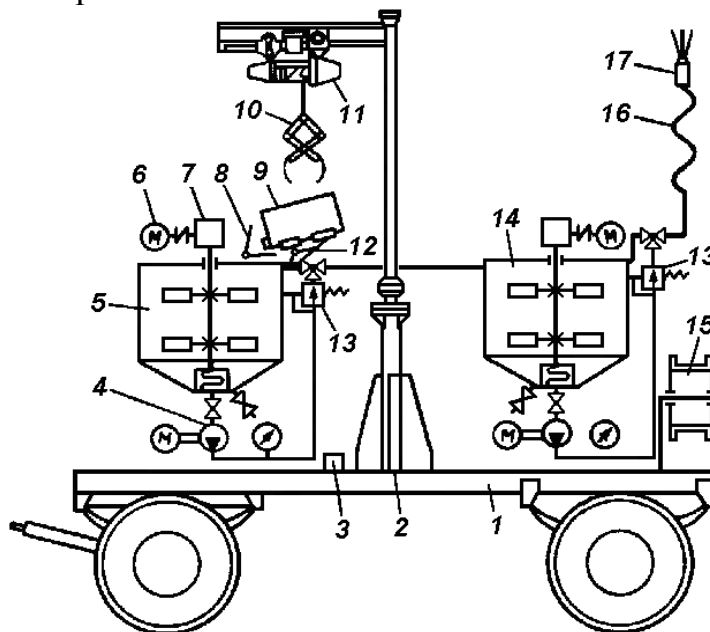


Рис. 13.17. Схема передвижной станции для устройства безрулонных кровельных покрытий

На пневмоколесном шасси 1 станции (рис. 13.17) смонтированы два одно-типных по конструкции лопастных смесителя вместимостью по $0,6 \text{ м}^3$ — основной (рабочий) 14 и вспомогательный 5, насосы 4, компрессор 3, поворотная кран-балка 2 с электротельфером 11 и грузозахватным устройством 10, система трубопроводов с напорным гибким рукавом высокого давления 16, на конце которого установлена распылительная форсунка 17. Смесители, насосы и компрессор имеют индивидуальный электропривод, вращение лопастным валам смесителей сообщается от двигателей 6 через редукторы 7. Перед началом работ напорный рукав сматывают с барабана 15 и протаскивают к обрабатываемой поверхности. Бочку 9 с мастикой устанавливают с помощью тельфера в наклонную «постель» 12 над вспомогательным смесителем 5. Мастика в чашу смесителя поступает из бочки самотеком через заливную горловину 8. Загустевшую мастику (в результате длительного хранения или низкой температуры окружающей среды) выгружают из тары с помощью сжатого воздуха, подаваемого к бочке по шлангу от компрессора 3. При перемешивании мастики во вспомогательном смесителе, перекачке ее по замкнутому контуру с помощью насоса 4 и добавлении (при необходимости) в ее состав растворителей вязкость мастики значительно уменьшается (до 14 с и ниже). Достигшая определенной вязкости мастика перекачивается насосом 4 из вспомогательной емкости в чашу рабочего смесителя 14, откуда по напорному рукаву 16 подается к форсунке 17 под давлением 6...9 МПа и наносится на

обрабатываемую поверхность. Давление в напорной линии и расход форсунки регулируются напорным клапаном 13. Цикл работ по устройству кровли осуществляется непрерывно. Производительность станции около 800 м²/ч, дальность подачи по вертикали до 50 м, по горизонтали – до 80 м.

Г л а в а 1 4

Механизированный строительный инструмент

14.1. Общие сведения

Механизированный инструмент (ручные машины – РМ) имеет небольшие размеры и вес, компактность конструкции, удобство и надежность в работе. Совместное использование машин и механизированного инструмента позволяет наиболее полно механизировать строительные работы. Применяемый в строительстве механизированный инструмент можно классифицировать по назначению, по виду используемой энергии и по характеру движения рабочего органа.

По назначению строительный механизированный инструмент можно подразделить на следующие группы:

- для производства земляных работ и обработки камня – отбойные и камнетесные молотки, лопаты-ломы, бетоноломы, трамбовки, шпалоподбойки и др.;

- для бурения шпуров и скважин – бурильные сверла и молотки;

- для уплотнения бетонной смеси после укладки ее в сооружение – поверхностные, внутренние и наружные вибраторы;

- для обработки металла – рубильно-чеканочные и клепальные молотки, сверлильные машины, резьбонарезатели, ножовки, ножницы и др.;

- для обработки дерева – дисковые, цепные и ленточные пилы, рубанки, сверлильные машины, долбежники, фрезеры, лобзики и др.;

- монтажные инструменты – механизированные ключи и отвертки, предназначенные для завинчивания и отвинчивания гаек, шпилек, винтов, шурупов при выполнении монтажных, сборочных и ремонтных работ;

- для отделочных работ – шлифовалки, полировальки и другие инструменты для окончательной отделки предварительно обработанных поверхностей металла и дерева.

В зависимости от вида используемой энергии механизированный инструмент делится на следующие группы:

- электрифицированные инструменты, приводимые в действие электрической энергией и снабженные электродвигателем;

- пневматические инструменты, работающие от сжатого воздуха;

- инструменты с двигателями внутреннего сгорания;

- инструмент, использующий энергию от сгорания порохового заряда.

Электрифицированные и пневматические инструменты по сравнению с инструментами с двигателями внутреннего сгорания имеют меньшие размеры и вес, более простую конструкцию; они надежнее и удобнее в эксплуатации. Этим объясняется то, что электрифицированные и пневматические инструменты получили наибольшее распространение в строительстве.

Широкому их применению способствует также обеспеченность наших строек электроэнергией и компрессорными установками.

Инструменты с двигателями внутреннего сгорания в строительстве используются в том случае, если на месте работ не имеется источников силовой электрической энергии или сжатого воздуха. Автономность, т.е. возможность работы без посторонних источников энергии, является преимуществом такого инструмента. Энергия пороховых газов используется в строительном-монтажных пистолетах для забивки дюбелей при производстве монтажных и санитарно-технических работ.

По характеру движения рабочего органа механизированный инструмент делится на три группы:

с вращательным движением рабочего органа – дисковые пилы, рубанки, сверлилки и др.;

с поступательно-возвратным движением рабочего органа – отбойные и чеканочные молотки, ножовки и др.;

со сложным движением рабочего органа – вибраторы, бурильные молотки и др.

14.2. Электрифицированный инструмент

В электрифицированном инструменте применяются однофазные коллекторные электродвигатели с частотой 50 Гц типа КН, трехфазные асинхронные с короткозамкнутым ротором типа АН и АП с частотами 50 и 200 Гц. Применяемое напряжение 220 и 36 В. Для обеспечения безопасности работы в настоящее время электрифицированный инструмент выпускается с двойной изоляцией электродвигателя от металлических частей корпуса инструмента. К настоящему времени созданы полностью электробезопасные ручные машины, снабженные не только двойной, но и так называемой *полной электрической изоляцией*. Такие машины имеют цельно-пластмассовый корпус и не содержат, кроме рабочего органа, наружных металлических частей.

14.2.1. Электрические машины с вращательным движением рабочего органа

Сверлильные машины предназначены для сверления отверстий диаметром 6...32 мм в различных материалах: металле, пластмассе, древесине, бетоне и железобетоне, кирпиче, камне, гипсолитовых, асбестоцементных и древесностружечных плитах и других материалах. Шпуры диаметром 50 мм в породах мягкой и средней твердости бурят с помощью бурильных сверл. При увеличении диаметра сверления значительно возрастают вес инструмента, необходимое осевое усилие. Их используют при монтаже металлических и сборных железобетонных конструкций, при производстве столярных, плотнично-опалубочных, санитарно-технических, электромонтажных, штукатурных, облицовочных, кровельных и гидроизоляционных, железобетонных и бетонных работ, а также устройстве и отделке полов.

Отечественная промышленность выпускает прямые сверлильные РМ с однофазными коллекторными электродвигателями II класса защиты и трехфазными асинхронными электродвигателями III класса защиты. Они имеют

принципиальную единую схему и отличаются друг от друга диаметром сверла, конструктивным оформлением, габаритными размерами, массой, частотой вращения шпинделя (сверла), типом, мощностью и частотой вращения двигателя. При работе сверлильных РМ необходимо прилагать к сверлу осевое усилие подачи.

Сверлильные РМ выпускают одно-, двух- и многоскоростными с электронным регулированием частоты вращения шпинделя.

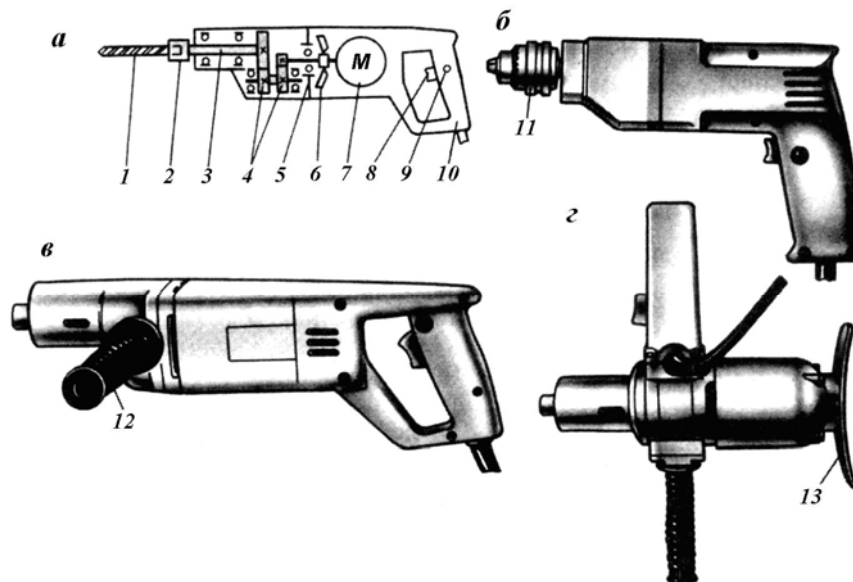


Рис. 14.1 Электрические ручные сверлильные машины

Каждая сверлильная РМ (рис. 14.1, *а*) состоит из электродвигателя 7 с вентилятором 6 и двухступенчатого цилиндрического косозубого редуктора 4, встроенных в корпус, шпинделя 3 с наружным или внутренним конусом Морзе 2 для крепления сверл 1 или сменных рабочих органов, рукоятки 10, в которой смонтированы курковый выключатель 8 с фиксатором 9 рабочего положения и устройство для подавления радиопомех, кабеля со штепсельным соединением для подключения к электросети. Вращение шпинделю сообщается от электродвигателя через двухступенчатый косозубый редуктор, ведущая шестерня которого нарезана на валу ротора, а ведомая закреплена на шпинделе. Промежуточные шестерни редуктора выполнены в виде блока. На передней части вала ротора насажен вентилятор для охлаждения электродвигателя в процессе работы. Вал ротора вращается в двух шарикоподшипниках, один из которых установлен в промежуточном щите 5, а другой в корпусе электродвигателя. Включение и выключение машины осуществляются курковым выключателем.

Машины для сверл диаметром до 9 мм изготавливают пистолетного типа (рис. 14.1, *б*). Машины для сверл диаметром до 14 мм комплектуются специальным съемным патроном 11 для крепления сверл. Патрон устанавливается на рабочий конец шпинделя, который выполнен в виде укороченного наружного конуса Морзе. Сверла диаметром более 14 мм устанавливают непосредственно в шпинделе сверлильной РМ, который имеет внутренний конус Морзе. Сверлильные РМ для сверл диаметром до 14 мм (рис. 14.1, *в*) имеют заднюю рукоятку замкнутого типа и оснащены дополнительной

съемной боковой рукояткой 12 для воспринятая оператором реактивного момента, возникающего при работе машины. Более мощные машины (для сверл диаметром 23...32 мм) с большим крутящим моментом имеют на корпусе две боковые рукоятки и грудной упор 13 (рис. 14.1, з) для создания дополнительного осевого давления на сверло.

Сверлильные машины на базе трехфазных асинхронных электродвигателей повышенной частоты являются односкоростными и предназначены для сверления отверстий диаметром 6...23 мм. Они питаются от переносных преобразователей частоты тока или от специальной сети трехфазного переменного тока. Эти машины применяются, как правило, в стационарных условиях.

Машины на базе однофазных коллекторных двигателей с двойной изоляцией могут быть одно-, двух и многоскоростными. Односкоростные машины предназначены для сверления отверстий диаметром 9...23 мм.

В многоскоростных сверлильных машинах с электронным регулированием частота вращения шпинделя изменяется плавно, бесступенчато в зависимости от меняющейся нагрузки на рабочем органе машины. Это позволяет стабилизировать частоту вращения шпинделя под нагрузкой, создавать оптимальные технологические режимы сверления, полнее использовать мощность двигателя и производительность машины при сверлении отверстий диаметром меньше максимального и резко снижать частоту вращения шпинделя на холостом ходу для уменьшения шума и вибрации. Регулирование частоты вращения осуществляется в одном или двух (у двухскоростных машин) диапазонах. Блок электронного регулирования частоты вращения шпинделя монтируется в основной рукоятке машины. Электронный регулятор позволяет при необходимости сузить диапазон регулирования частоты вращения двигателя. Включение двигателя и плавное наращивание частоты вращения двигателя от нуля до желаемого значения осуществляются за счет плавного нажатия на курок выключателя.

Сверлильные машины с электронным регулированием частоты вращения шпинделя применяют для сверления отверстий диаметром 6...14 мм.

Комплекты сменных насадок к сверлильным РМ позволяют значительно расширить технологические возможности сверлильных машин. В состав комплектов входят дисковые пилы для резания дерева, пластмасс, металлов и плит сухой гипсовой штукатурки (СГШ), подкладные диски для шлифования и полирования различных поверхностей, торцовые шлифовальные головки, резцовые головки для вырезания круглых отверстий в гипсовых панелях, рубанки для строгания древесины, лобзики для выпиливания деталей из дерева, токарные насадки, точила для заточки режущего инструмента и т.п.

Электрические сверлильные машины, закрепляемые в специальных штативах или на стойках, можно использовать как настольные сверлильные станки, которые обеспечивают высокое качество и точность сверлильных работ.

Электрические установки для сверления отверстий в железобетоне предназначены для сверления вертикальных, горизонтальных и наклонных

отверстий алмазными кольцевыми (колонковыми) сверлами диаметром 50...160 мм в железобетонных конструкциях при монтаже различных коммуникаций.

Каждая установка представляет собой мобильную, компактную сборно-разборную конструкцию, составными частями которой являются: основание с двумя колесами и откидными винтовыми опорами, направляющая колонка, колонковое сверло, вращатель (привод) сверла, реечный механизм подачи сверла, устройство для подачи воды в зону сверления и аппаратура управления. Регулируемые винтовые опоры основания позволяют точно выставлять установку при ее эксплуатации на неровных поверхностях и обеспечивают устойчивость установки при сверлении отверстий.

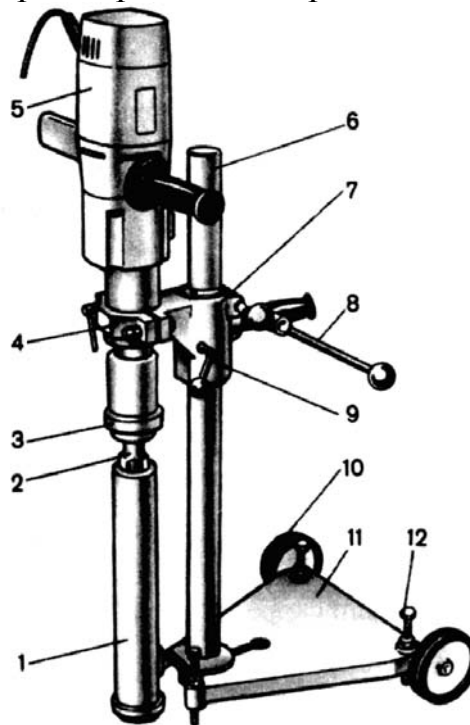


Рис. 14.2. Установка для сверления отверстий в бетоне

Установка, показанная на рис. 14.2, предназначена для сверления отверстий диаметром 25...80 мм и выполнена на базе ручной сверлильной машины 5 II класса защиты, используемой в качестве вращателя сверла 1. Сверлильная РМ с помощью хомута 4 и винтов крепится к кронштейну корпуса 7 и может перемещаться вдоль колонки 6 с помощью реечного механизма с приводной рукояткой 8. Для фиксации машины на колонке служит винт 9. Колонка жестко прикреплена к основанию 11 с двумя колесами 10 и винтовыми опорами 12. Шпиндель 2 сверлильной РМ снабжен устройством 3 для подачи воды к режущей кромке сверла для эффективного охлаждения и промывки. Устройство имеет штуцер для подсоединения гибкого резинового шланга, подводящего воду от водопровода.

Глубина сверления вертикальных отверстий 200 мм, частота вращения шпинделя $12,8 \text{ с}^{-1}$, скорость сверления вертикальных отверстий 10...12 мм/мин.

Электрические шлифовальные машины применяют для выполнения технологических операций при монтаже металлоконструкций, на сварочных, отделочных, электромонтажных, арматурных и других работах. По характеру движения рабочего органа различают вращательные и плоскошлифовальные

машины. Рабочим органом вращательных шлифовальных машин служат абразивные круги различных геометрических форм и диаметров. У плоскошлифовальных машин рабочим органом является одна или две платформы со шлифовальной шкуркой, совершающих орбитальное и плоскопараллельное движения относительно обрабатываемой поверхности.

Главным параметром вращательных шлифовальных машин является диаметр абразивного круга (в мм). Вращательные шлифовальные машины выпускают прямыми и угловыми с шлифовальным кругом диаметром 63...150 мм и частотой вращения $43...113 \text{ с}^{-1}$, с гибким валом и шлифовальным кругом диаметром 200 мм и частотой вращения $48,6 \text{ с}^{-1}$. На каждом шлифовальном круге указана предельно допустимая частота вращения шпинделя. Во избежание разрушения абразивного круга недопустимо превышение частоты вращения шпинделя по сравнению с частотой, указанной на круге. Круги имеют различную зернистость и твердость. Их правильный выбор во многом определяет производительность машин и качество обработки поверхностей.

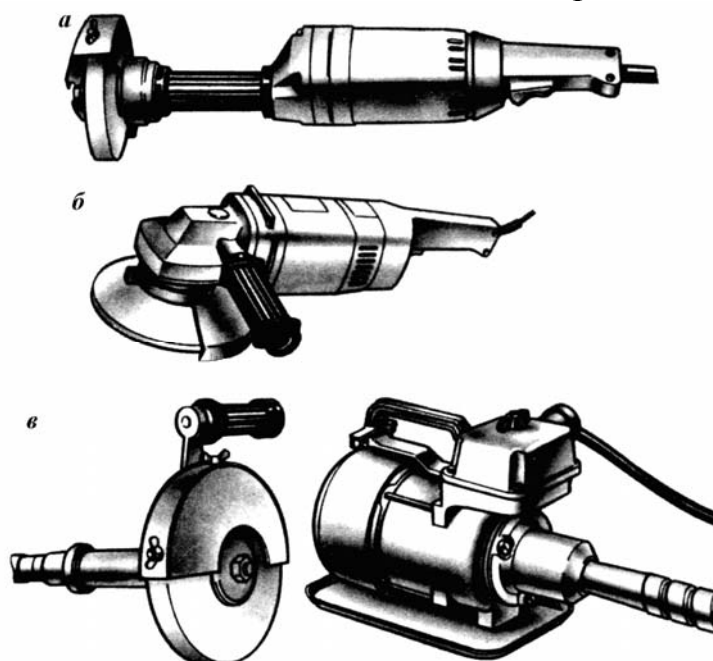


Рис. 14.3. Электрические шлифовальные машины

Прямые и угловые шлифовальные машины. Прямые шлифовальные машины (рис. 14.3, а), у которых оси рабочего органа параллельны или совпадают, применяют для очистки металлоконструкций от коррозии, зачистки сварных швов, чугунного и сварного литья, шлифования различных металлических поверхностей, подготовки фасок под сварку и других работ.

Угловые шлифовальные машины (рис. 14.3, б), у которых оси рабочего органа и привода расположены под углом 90° , предназначены для шлифования поверхностей металлических изделий и строительных конструкций, очистки металлоконструкций от коррозии в труднодоступных местах, отделки бетонных и мозаично-террацевых полов, а также для резания труб, листового металла, профильной и угловой стали.

Прямые шлифовальные машины выполнены по единой конструктивной схеме и различаются между собой диаметром шлифовального круга,

габаритными размерами, частотой вращения шпинделя, массой, мощностью и частотой вращения двигателя. Они комплектуются плоскими шлифовальными кругами прямого профиля типа ПП и плоскими кругами с выточкой типа ПВ, которые применяются при плоском и круглом шлифовании, а также для различных зачистных работ. В качестве привода прямых шлифовальных машин используют однофазные коллекторные и трехфазные асинхронные электродвигатели. У машин с асинхронными трехфазными электродвигателями частота вращения шпинделя на холостом ходу и под нагрузкой остается практически неизменной, в то время как у машин с однофазными коллекторными электродвигателями частота вращения шпинделя под нагрузкой снижается примерно в 1,5...2 раза по сравнению с частотой вращения на холостом ходу. Современные шлифовальные машины с однофазными коллекторными двигателями, как правило, имеют электронную регулируемую автоматику, обеспечивающую частоту вращения шлифовального круга практически неизменной на холостом ходу и под нагрузкой.

Каждая прямая шлифовальная машина состоит из электродвигателя, одноступенчатого редуктора, шпинделя в сборе, на котором крепится шлифовальный круг, корпуса из стеклонаполненного полиамида, армированного алюминием защитного кожуха и виброизолированных рукояток.

Угловые шлифовальные машины одинаковы по конструкции и отличаются от прямых типом редуктора (редуктор конический), наличием боковой виброизолированной с помощью резиновых амортизаторов рукоятки на корпусе редуктора и типом шлифовального круга. Угловые машины комплектуются чашечными цилиндрическими кругами типа ЧЦ и чашечными коническими кругами типа ЧК, которые предназначены для шлифования и зачистных работ. В комплект входят также круги типа 5П, предназначенные для шлифования резьбы и заточки многолезвийных инструментов, и круги типа Д для резки металла. Угловые шлифовальные машины комплектуются кругами диаметром 80...125 мм. Рабочая скорость кругов 40 м/с, частота вращения шпинделя 55...65 с⁻¹.

Шлифовальные машины с гибким валом (рис. 14.3, в) применяют для шлифования и полирования различных поверхностей (металлических, цементных, гранитных, мраморных), зачистки сварных швов, подгонки деталей при сборке, а также очистки металлоконструкций от коррозии. Это машины III класса защиты, которые состоят из переносного трехфазного асинхронного электродвигателя, смонтированного на корытообразной подставке, гибкого вала и шлифовальной головки. Машины комплектуются двумя сменными шлифовальными головками – прямой для плоских шлифовальных кругов типа ПП и ПВ и угловой для чашечных кругов типа ЧЦ и ЧК.

На базе угловых электрических шлифовальных машин разработаны ручные труборезы, в качестве режущего органа которых применяют армированные абразивные круги диаметром 180...230 мм.

Основные параметры труборезов – номинальный диаметр и толщина стенки обрабатываемых труб. Резание труб труборезами осуществляется двумя

методами: врезанием и обкаткой. При методе врезания труба перерезается в поперечном направлении абразивным кругом, перемещаемым сверху вниз в плоскости, перпендикулярной оси трубы. Диаметр труб, отрезаемых методом врезания, ограничивается диаметром абразивного круга и не превышает 70 мм при резании кругом диаметром 230 мм. Для резки труб больших диаметров применяют метод обкатки, при котором труборез вращают вокруг трубы, установив абразивный круг перпендикулярно ее оси. Количество проходов при обкатке определяется толщиной стенки трубы.

На рис. 14.4, *а* показан труборез для резки методом обкатки стальных труб диаметром 100...1620 мм из углеродистых и легированных сталей. Труборез состоит из угловой шлифовальной машины 3 с двигателем типа АП и обкатного устройства, включающего раздвижную тележку 1 с обкатными роликами 5, цепной механизм вращения трубореза вокруг трубы, подпружиненный захват и механизм подачи 2 абразивного круга 4. Расстояние между роликами регулируется в зависимости от диаметра обрабатываемой трубы.

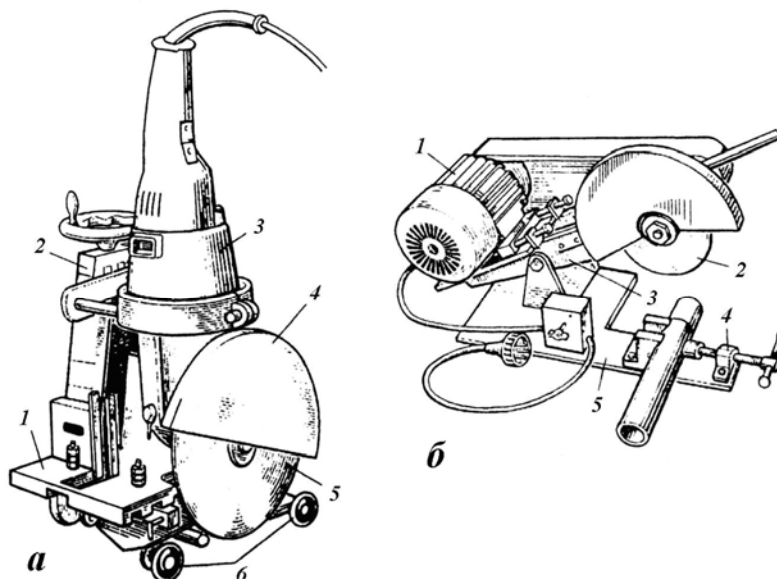


Рис. 14.4. Труборезы:

а – электрический труборез; *б* – маятниковая дисковая пила

Маятниковые дисковые пилы (рис. 14.4, *б*) используют для резки стальных труб диаметром до 133 мм, а также уголков, прутков и других изделий на приобъектных площадках. Вращение шпинделя с абразивным кругом 2 диаметром 230...400 мм сообщается от электродвигателя 1 через ступенчатую ременную передачу. Частота вращения круга 48 с^{-1} . Режущий орган с приводом смонтирован на поворотном кронштейне 3, качающемся относительно неподвижной опорной плиты 5. На плите установлены тиски 4 для закрепления в них обрабатываемого материала.

14.2.2. Монтажные инструменты

К этой группе относятся гайковерты, шуруповерты, шпильковерты, отвертки и другие инструменты, широко применяемые в строительстве при производстве строительно-монтажных, ремонтных, санитарно-технических,

отделочных, электромонтажных и других работ. Их применение наиболее целесообразно при массовом производстве однотипных работ.

Электрические гайковерты и шуруповерты изготавливают на базе однофазных коллекторных и асинхронных трехфазных двигателей, работающих на токе повышенной частоты 200 Гц. Они имеют II и III классы защиты.

Электрические гайковерты применяют для механизированной сборки, затяжки и разборки резьбовых соединений при монтаже и демонтаже строительных конструкций, трубопроводов, вентиляционных систем и оборудования. Рабочим органом гайковертов служит сменный наконечник с внутренним шестигранником (ключ), надеваемый на гайку или головку болта. Ключ соединяется со шпинделем жестко или шарнирно. Гайковерты с шарнирным ключом предназначены для ведения сборочных работ в стесненных и труднодоступных местах (например, при монтаже трубопроводов).

Затяжка резьбового соединения происходит при сообщении ключу ударных импульсов от ударного механизма машины с определенной энергией и частотой. В зависимости от реализуемой частоты ударов различают редкоударные гайковерты с частотой ударов до 3 с^{-1} и частоударные с частотой ударов свыше 3 с^{-1} .

Частоударные гайковерты предназначены для завинчивания и затяжки неотчетливых резьбовых соединений общего назначения, редкоударные – для тарированной затяжки (до заданного момента) высокопрочных ответственных и средней прочности соединений, а также высокопрочных болтов. Главным параметром редкоударных гайковертов являются энергия удара (Дж) и частота ударов (с^{-1}), частоударных – максимальный момент (Н·м) и время затяжки (с).

Частоударные гайковерты унифицированы, имеют конструктивную единую схему и отличаются друг от друга размерами ключей, типом и мощностью приводного двигателя. Они предназначены для затяжки резьбовых соединений диаметром до 20 мм и развивают момент затяжки до 125...320 Н·м при частоте вращения шпинделя 16...19 с^{-1} и потребляемой мощности 270...390 Вт; масса машин 3,5...4,5 кг.

Редкоударные гайковерты предназначены для затяжки резьбовых соединений диаметром до 18...48 мм редкими мощными ударами одинаковой энергии, в 15...25 раз превышающей энергию единичного удара частоударной машины. По сравнению с частоударными гайковертами аналогичного класса они имеют меньшую (на 15...35%) мощность двигателя, габаритные размеры, массу машины (на 20...40%), больший (в 2...3 раза) к.п.д. процесса затяжки, пониженный уровень шума и практически вибробезопасны.

Редкоударные гайковерты отличаются от частоударных конструкцией и принципом действия ударно-вращательного механизма. Составными частями каждого гайковерта являются корпус, электродвигатель с вентилятором и устройством для подавления радиопомех, редуктор, ударно-вращательный механизм, специальная эксцентриковая муфта, основная рукоятка со

встроенными выключателем и переключателем направления вращения шпинделя, дополнительная рукоятка.

Редкоударные гайковерты имеют одинаковую конструкцию ударного механизма (рис. 14.5), основным элементом которого является ударник, составленный из ведущей 3 и ведомых 5 частей. Ведомые части находятся под воздействием пружин 10 и 11 и могут перемещаться относительно друг друга и ведущей части ударника. Движение ударнику сообщается от двигателя 1 через редуктор 2 (в некоторых конструкциях редуктор отсутствует) и муфту 14, обеспечивающую постоянное значение передаваемого момента при разгоне ударника.

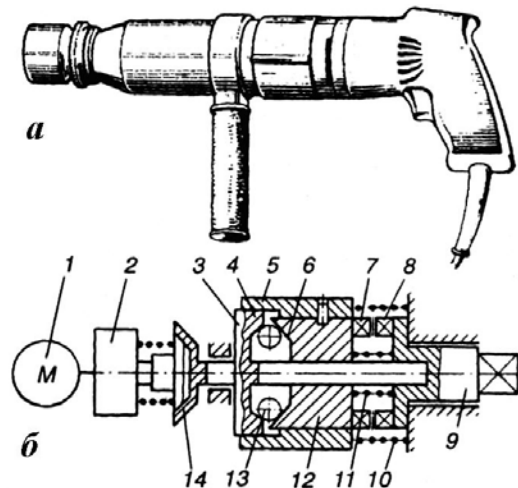


Рис. 14.5. Электрический редкоударный гайковерт:

а – общий вид; *б* – принципиальная схема

По мере достижения ударником заданной угловой скорости грузы 13 под воздействием центробежной силы смешаются к периферии в радиальном направлении по наклонным поверхностям 4 и 6 ведущей и ведомой частей ударника, вызывая перемещение последней в осевом направлении и сжатие пружин 10 и 11. Одновременно вступает в работу синхронизирующий механизм, который во взаимно ориентированном положении кулачков 7 и 8 шпинделя 9 и ударника отделяет его ведомые части 5 и 12. Под действием пружины 10 одна ведомая часть 5 смещается в обратном направлении, а вторая 12 с кулачками 7, толкаемая центробежными грузами 13, продолжает двигаться к шпинделю до тех пор, пока не будет обеспечено зацепление кулачков 7 и 8 на полную высоту. Происходит удар, при котором кинетическая энергия вращающегося ударника передается шпинделю и закрепленному на нем ключу. Затем ведомые части ударника под действием пружин 10 и 11, а также центробежные грузы 13 возвращаются в исходное положение, после чего цикл затяжки повторяется. Процесс затяжки осуществляется 4...15 ударами. Оператор отключает гайковерт при отсчете необходимого числа ударов.

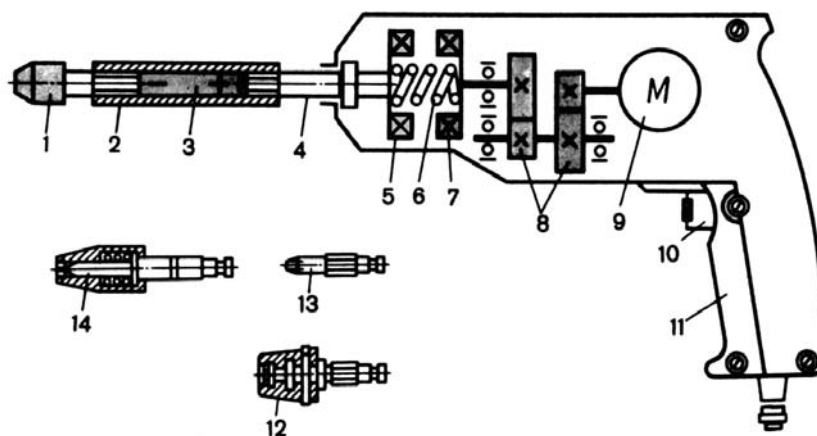


Рис. 14.6. Принципиальная схема электрического шуруповерта

Электрические шуруповерты (рис. 14.6) предназначены для завинчивания шурупов, винтов, болтов и гаек с диаметром резьбы до 6 мм при выполнении крепежных операций на облицовочных работах – монтаже внутренних перегородок зданий из плитных материалов заводского изготовления, подвесных потолочных конструкций, а также при устройстве полов с применением материалов и изделий из дерева. Главным параметром шуруповертов являются максимальный момент затяжки (Н·м) и время затяжки (с). Шуруповерты развивают момент затяжки 10...15 Н·м, имеют единую конструктивную схему, максимально унифицированы и состоят (рис. 14.6) из реверсивного электродвигателя 9 типа АП или КНД с переключением на правое и левое вращение ротора, одно- или двухступенчатого цилиндрического редуктора 8, шпиндельного узла, сменного рабочего инструмента 1, пластмассового или алюминиевого корпуса и рукоятки 11 с курковым выключателем 10 и переключателем реверса электродвигателя.

Переключатель реверса служит для изменения направления вращения вала электродвигателя при вывинчивании винтов и шурупов. Сменный рабочий инструмент шуруповертов – плоская отвертка 14 для завинчивания (отвинчивания) шурупов и винтов с прямолинейным шлицем в головке, крестовая отвертка 13 для завинчивания (отвинчивания) самосверлящихся и самонарезающихся винтов и головка-ключ 12. Для удобства работы при завинчивании винтов и шурупов плоская отвертка снабжена ловителем. Крепление инструмента обеспечивается замком.

Шпиндельный узел включает в себя кулачковую муфту, постоянный стержневой магнит 3, помещенный в бронзовую немагнитную втулку 2, с другой стороны которой установлена отвертка и упор для регулирования глубины завинчивания винтов и шурупов. Создаваемое стержневым магнитом магнитное поле удерживает винт на отвертке.

Кулачковая муфта состоит из двух полушестерней – ведущей 7 и ведомой 5. В нерабочем состоянии муфта выключена – обе ее полушестерни разъединены с помощью расположенной между ними пружины 6. Включение муфты осуществляется нажимом на рабочий инструмент в осевом направлении, в результате чего кулачки полушестерней входят в зацепление и инструмент вместе со шпинделем 4 получает вращение от электродвигателя через редуктор. В начале

процесса завинчивания, когда развиваемый шуруповертом момент расходуется только на преодоление трения в резьбовой паре, кулачки полумуфт находятся в постоянном зацеплении, обеспечивая непрерывное вращение шпинделя. При достижении на шпинделе определенного момента затяжки между обеими полумуфтами развивается осевое давление, которое преодолевает сопротивление пружины 6 и автоматически выводит ведомую полумуфту из зацепления. Ведущая полумуфта, продолжая свое вращение, наносит удары по кулачкам ведомой полумуфты, создавая дополнительный крутящий момент на шпинделе. Такое устройство кулачковой муфты предохраняет электродвигатель от перегрузки и предотвращает срыв винта с резьбы.

Шуруповерты могут иметь бесступенчатое электронное регулирование частоты вращения электродвигателя, а также регулирование реализуемого на шпинделе момента, что позволяет выбирать оптимальный режим работы машины при завинчивании винтов и шурупов различного диаметра и длины в материалы различной прочности.

При выполнении крепежных работ больших объемов для завинчивания самосверлящих – самонарезающихся шурупов применяют шуруповерты-автоматы со сменной кассетой и электронным бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя, производительность которых в 2,5...3 раза выше, чем у обычных бескассетных машин.

Сменная кассета содержит 100...150 шурупов, закрепленных на бумажной или пластмассовой ленте, свернутой в рулон.

Шуруповерты обеспечивают момент затяжки 10... 15 Н·м, продолжительность затяжки 3...5 с и потребляют мощность 0,32...0,42 кВт.

14.2.3. Ножницы

Ножевые ножницы (рис. 14.7) применяют для прямолинейной и фасонной резки листового проката различных металлов толщиной до 3,5 мм при выполнении кровельных, санитарно-технических и других работ. Ножницы работают следующим образом: при включении пусковым устройством двигателя приводится во вращение (через редуктор) эксцентриковый валик 5, преобразующий вращательное движение вала ротора в возвратно-поступательное движение ползуна вместе с укрепленным на нем подвижным ножом 3. Подвижный нож при своем движении периодически сближается с неподвижным ножом 2, укрепленным на улитке 1. Изменение величины зазора между ножами производится смещением неподвижного ножа на ползуне в плоскости, перпендикулярной к плоскости реза. Ножевыми ножницами рез можно начинать только с края материала. Число двойных ходов ножниц 1060...1350 в минуту, скорость резания 1,8...4,0 м/мин, потребляемая мощность 0,45...0,55 кВт. Производительность ножниц составляет от 2,5 до 15 м/мин в зависимости от толщины разрезаемого листа и механических свойств материала.

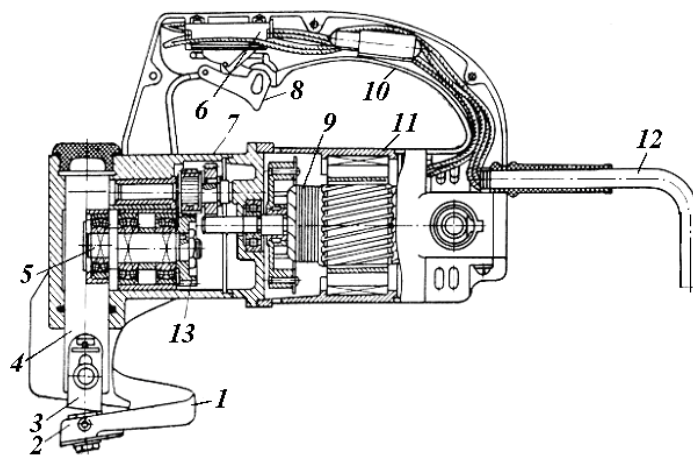


Рис. 14.7 Электрические ножницы:

1 – улитка; 2 – нож неподвижный; 3 – нож подвижный; 4 – ползун; 5 – эксцентриковый валик;
6 – выключатель; 7 – корпус редуктора; 8 – пусковой курок; 9 – электродвигатель;
10 – рукоятка; 11 – корпус ножниц; 12 – электрический кабель; 13 – редуктор

Вырубные ножницы, работающие по принципу долбления, применяют для прямолинейной и фасонной резки листового и профильного (гофрированного) проката различных металлов толщиной до 8,0 мм, а также для образования отверстий любого контура в листах, вентиляционных коробах и трубах.

Вырубные ножницы отличаются от ножевых только режущими органами в виде движущегося возвратно-поступательного пуансона (пустотелого цилиндра) и неподвижной матрицы с держателем, между которыми закладывается разрезаемый материал. При каждом ходе пуансона вырубается элемент в виде сегмента. Резание такими ножницами можно начинать как с края, так и с середины материала, для чего в начальной точке реза предварительно высверливают отверстие для прохода матрицы. Ножницы вырубает в материале паз шириной, равной диаметру пуансона. Стружка выходит под обрабатываемый материал через специальное окно в держателе. Число двойных ходов вырубных ножниц 600...2120 в минуту, скорость резания 1,0...2,0 м/мин, потребляемая мощность 0,45...1,9 кВт.

Вырезные ножницы применяют для резки металлических профилей различной конфигурации толщиной до 10 мм. Режущий инструмент таких ножниц состоит из подвижного ножа специальной формы, закрепленного на ползуне с помощью резьбового хвостовика, и двух неподвижных ножей, закрепленных на держателе. Подвижный нож движется между неподвижными ножами. Стружка в процессе резания отводится вверх. Число двойных ходов вырезных ножниц 600...3200 в минуту, скорость резания 1,5...1,8 м/мин.

14.2.4. Электрические машины ударного и ударно-вращательного действия

К машинам ударного действия относятся молотки, бетоноломы и трамбовки, к машинам ударно-вращательного действия – перфораторы. Эти машины широко используют при выполнении строительно-монтажных, ремонтных, санитарно-технических, отделочных, электромонтажных и дорожных работ. Основными параметрами являются энергия единичного удара (Дж) и частота ударов (Гц) бойка (у молотков, перфораторов и ломов) или трамбующего башмака (у трамбовок). Современные машины ударного и

ударно-вращательного действия вибро-, шумо- и электробезопасны. Все они выпускаются II класса защиты с двойной изоляцией.

Электрические и электромагнитные молотки предназначены для пробивки проемов, ниш и отверстий и долбления канавок в перекрытиях, кирпичных и бетонных стенах при прокладке кабелей, газовых, водопроводных и канализационных труб, насечки и очистки каменных, бетонных или кирпичных поверхностей при подготовке их к оштукатуриванию, а также рыхления твердых слежавшихся, каменистых и мерзлых грунтов, взламывания дорожных покрытий, разрушения фундаментов при устройстве котлованов, колодцев, траншей и ремонте коммуникаций. В молотках используется энергия движущегося возвратно-поступательного бойка (ударника), наносящего с определенной частотой удары по хвостовику рабочего инструмента. Различают электрические (компрессионно-вакуумные) и электромагнитные (фугальные) молотки. В электрических молотках движение бойка (ударника) обеспечивается последовательной работой поршня и воздушной подушки. В пространстве между поршнем и ударником создается разрежение. Ударник под действием атмосферного давления перемещается в цилиндре вслед за поршнем, стремясь с ним сблизиться; происходит холостой ход. При рабочем ходе поршня воздух, находящийся между поршнем и ударником, сжимается; в дальнейшем ударник наносит удар по хвостовику рабочего инструмента.

В электромагнитном молотке боек движется возвратно-поступательно под воздействием переменного магнитного поля линейного электромагнитного двигателя.

Одной из важнейших проблем является обеспечение вибробезопасности молотков. Основным источником вибрации корпуса молотков является равнодействующая сил разгона ударника, равная силе отдачи. Вибробезопасность электромагнитных молотков обеспечивается в основном введением в конструкцию машины инерционного преобразователя импульса сил отдачи в виде «тяжелого» буфера на пружине и подвеской ударного узла в корпусе на амортизаторах. В электрических молотках сила отдачи гасится воздушной подушкой. Такие молотки имеют также локальную виброизоляцию рукоятей оператора и демпфер обратного хода рабочего инструмента, смягчающий удары последнего по корпусу.

Электрические молотки выполнены по единой конструктивной схеме, имеют одинаковый принцип работы и состоят из электродвигателя с вентилятором, редуктора, кривошипно-шатунного механизма, ствола с компрессионно-вакуумным ударным механизмом, узла крепления сменного рабочего инструмента (пики, зубила и др.). основной с курковым выключателем и боковой дополнительной рукояток, токоподводящего кабеля со штепсельной вилкой.

Промышленность выпускает три модели электрических молотков с энергией удара 1, 11 и 25 Дж.

Электрические ломы предназначены для разрушения бетона, железобетона, кирпичной кладки, асфальтобетона, каменистого и мерзлого грунтов. Они аналогичны по конструкции электрическим молоткам и отличаются от них

энергией удара и мощностью приводного электродвигателя. Энергия удара лома не менее 40 Дж, частота ударов 19...20 Гц.

Электрические и электромагнитные перфораторы представляют собой универсальные машины многоцелевого назначения, которые предназначены для прорезки отверстий и проемов в междуэтажных перекрытиях и перегородках зданий при монтаже трубопроводов и вентиляционных систем, для пробивки борозд (штраб) для скрытой проводки и очистки поверхностей в конструкциях из искусственных и натуральных строительных материалов, разрушения горных пород, а также сверления отверстий в различных материалах, установки дюбелей, завинчивания винтов и шурупов, рубки металла, обработки дерева и других работ.

Перфораторы отличаются от молотков тем, что кроме ударного узла имеют механизм вращения сменного рабочего инструмента – бура, сверла, отвертки и др. Различают перфораторы электрические и электромагнитные. Конструкция и принцип действия ударных механизмов соответственно у электрических и электромагнитных молотков и перфораторов аналогичны.

Для выполнения различных технологических операций перфораторы комплектуются сменными рабочими инструментами, обеспечивающими их универсальность: шнековыми бурами, буровыми коронками, пиками, ломы, штрабниками, бучардами, зубилами, сверлами различных типов по металлу и дереву, зенкерами, топориками и стамесками для обработки дерева, приспособлениями для забивки дюбелей, завинчивания винтов и шурупов и др.

Электрические перфораторы предназначены для работы в ударном, ударно-вращательном, вращательном режимах, а также в режиме винтоверта. Промышленность выпускает три модели электрических перфораторов с энергией удара 1...2 Дж, которые имеют единые конструктивные схемы и принцип работы и максимально унифицированы.

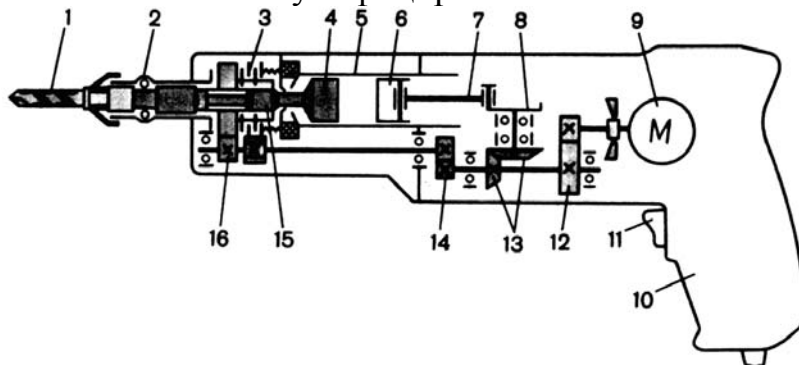


Рис. 14.8. Схема электрического компрессорно-вакуумного перфоратора

Рассмотрим конструкцию и принцип действия электрических перфораторов (рис. 14.8). От однофазного коллекторного электродвигателя 9 с вентилятором приводятся в действие компрессионно-вакуумный, ударный и вращательный механизмы, помещенные в алюминиевом стволе с виброизоляцией. Корпус электродвигателя – пластмассовый и выполнен заодно с основной рукояткой 10 пистолетного типа, в которую вмонтированы выключатель 11, устройство для подавления радиопомех и кабельный ввод.

Ударный механизм включает двухступенчатый редуктор, кривошипно-шатунный механизм с шатуном 7 и кривошипом 8, цилиндр 5, поршень 6 и боек 4. Вращательное движение кривошипу сообщается от электродвигателя через пары цилиндрических 12 и конических 13 шестерен. Движущийся возвратно-поступательно под действием воздушной подушки боек наносит удары по переходнику 15, который передает энергию удара бойка рабочему инструменту 1. Непрерывное вращение сменному рабочему инструменту (буровому, сверлильному, завертывающему и др.) передается через вращательный механизм, включающий три пары цилиндрических шестерен 12, 14 и 16 и предохранительную дисковую фрикционную муфту 3 предельного момента, которая срабатывает (отключает механизм) при случайном заклинивании рабочего инструмента, предохраняя привод от перегрузок и обеспечивая безопасность оператора от механических травм. Для крепления сменного рабочего инструмента служит механизм 2.

При работе в ударном и ударно-вращательном режимах перфоратор может автоматически переходить на холостой ход (безударный режим) при прекращении нажатия на рукоятки и смещения рабочего инструмента вниз. При этом боек захватывается пружинным кольцом и фиксируется в этом положении.

Электрические перфораторы развивают энергию удара бойка 1,0...2,0 Дж при частоте ударов бойка 25...40 Гц и потребляемой мощности 0,35...0,45 кВт. Диаметр пробуриваемых отверстий 8...16 мм, глубина бурения 100...200 мм, средняя скорость бурения (бетон класса В15) 90...100 мм/мин.

Электромагнитный перфоратор (рис. 14.9) с энергией удара 2,5 Дж работает в трех режимах: ударно-вращательном, ударном и вращательном.

В пластмассовом корпусе 2 перфоратора с основной 8 и боковой рукоятками помещены ударный и вращательный механизмы. Ударный механизм соленоидного типа с виброзащитой включает магнитопровод, две магнитные катушки 5 прямого и обратного ходов, боек 4 и буфер 6 с амортизатором 7.

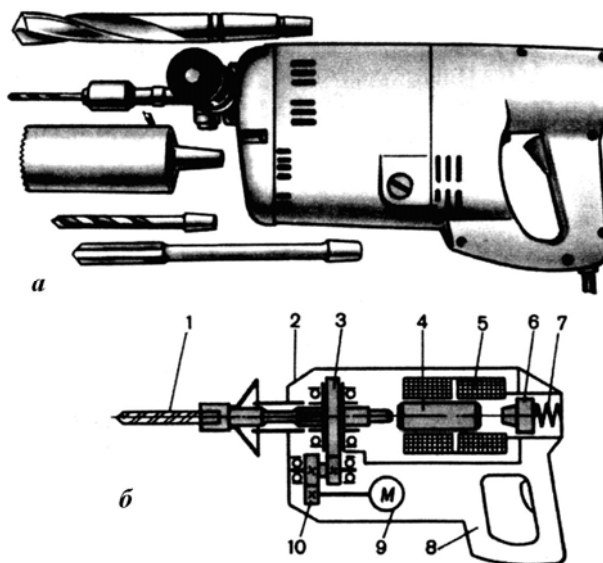


Рис. 14.9. Электромагнитный перфоратор:

а – общий вид; *б* – принципиальная схема

Вращение рабочему инструменту *1* сообщается от однофазного коллекторного электродвигателя *9* с вентилятором через двухступенчатый цилиндрический редуктор *10* и предохранительную шариковую муфту предельного момента *3*. Рабочий инструмент крепится в буксе с помощью пальца и, получая вращательное движение и удары бойка по хвостовику, производит необходимую работу по бурению.

Энергия удара бойка электромагнитных перфораторов 2,5 Дж, частота ударов 50 Гц, максимальный диаметр пробуряемых отверстий 80 мм.

Электрические трамбовки представляют собой высокоманевренные малогабаритные уплотняющие машины, предназначенные для искусственного уплотнения связных и несвязных грунтов в труднодоступных и стесненных местах (вокруг опор, пазухах фундаментов, туннелей, коллекторов, трубопроводов и др.), при засыпке траншей после укладки подземных коммуникаций, утрамбовки щебня и гравия при устройстве полов и искусственных оснований под трубопроводы, уплотнения бетонных смесей, а также при устройстве грунтовых подсыпок и планировочных работ небольшого объема. Каждая трамбовка состоит из электродвигателя, редуктора, кривошипно-шатунного механизма с динамическими гасителями колебаний, ударного механизма пружинного типа, трамбующего башмака и амортизирующей рукоятки управления трамбовкой.

Основными узлами трамбовки массой 80 кг (рис. 14.10, *а, б*) являются корпус *12*, электродвигатель с редуктором *10*, кривошипно-шатунные механизмы *9*, цилиндры *2* со ступенчатыми штоками *б* и пружинами *4*, рабочий орган – трамбующий башмак *1* и рукоятка управления *11* с выключателем. Кривошипно-шатунные механизмы *9* преобразуют вращательное движение вала электродвигателя в возвратно-поступательное движение ползунов *7* и ступенчатых штоков *б*, пропущенных через отверстия верхней *5* и нижней *3* оправок, между которыми установлены с предварительным натяжением пружины *4*. Направляющими для оправок служат два цилиндра *2*, закрепленные на трамбующем башмаке. При движении ступенчатых штоков вверх перемещаются нижние оправки *3*, которые деформируют пружины *4* снизу и увлекают за собой башмак *1*. После перехода кривошипами верхней «мертвой» точки ступенчатые штоки движутся вниз, давят на верхние оправки *5* и направляют движение башмака вниз. В конце хода башмак ударяет по уплотняемому материалу. Размах колебаний трамбующего башмака составляет 0,03 м, частота ударов 7...10 Гц.

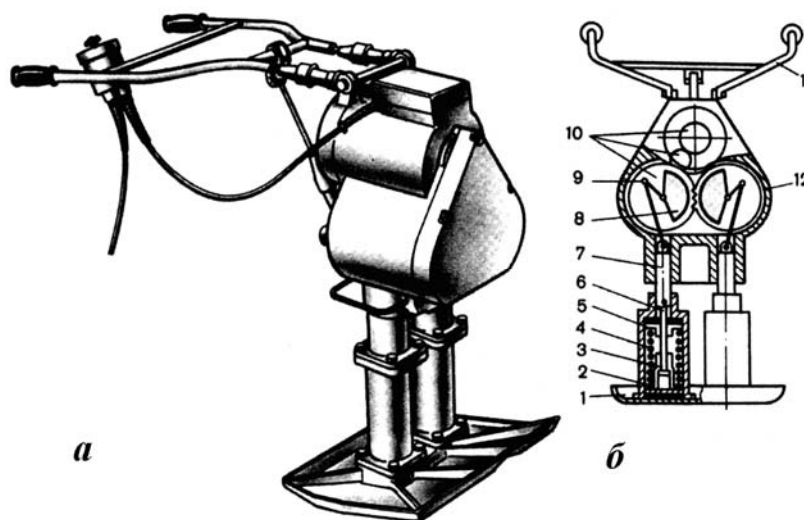


Рис. 14.10. Электрическая трамбовка:

а – общий вид; *б* – принципиальная схема

На кривошипных валах закреплены массивные дебалансы 8, взаимно уравновешенные в горизонтальной плоскости, суммарная центробежная сила которых гасит вибрацию корпуса трамбовки, обеспечивая тем самым вибробезопасность машины. Взаимопротивоположное вращение дебалансов 8, расположенных под определенным углом к кривошипу, синхронизировано двумя шестернями, находящимися в зацеплении.

Для предохранения деталей ударного механизма трамбовки от перегрузок между подвижными оправками и ступенчатыми штоками установлены амортизаторы. Управление электротрамбовкой осуществляется с помощью рукоятки 11, связанной с корпусом 12 шарниром и пружинным амортизатором.

Электротрамбовки подключают к сети переменного тока нормальной частоты (50 Гц) напряжением 220 В. Электробезопасность трамбовок обеспечивается применением защитно-отключающих устройств.

Рассмотренная электротрамбовка – самопередвигающаяся – для ее перемещения не надо прилагать усилие, а лишь необходимо задавать машине направление движения. Производительность электротрамбовки массой 80 кг составляет 15...22 м³/ч при толщине уплотняемого слоя грунта 0,3...0,4 м, мощность электродвигателя 1,6 кВт.

14.2.5. Электрические машины для обработки древесины

Для обработки древесины при выполнении строительно-монтажных и отделочных работ используют: деревообрабатывающие, распиловочные, строгальные машины, рубанки, дисковые пилы, долбежники и лобзики с электронным регулированием частоты двойных ходов рабочего органа. Рубанки, дисковые пилы, долбежники и лобзики имеют II класс защиты и изготавливаются на базе однофазных коллекторных двигателей с двойной изоляцией.

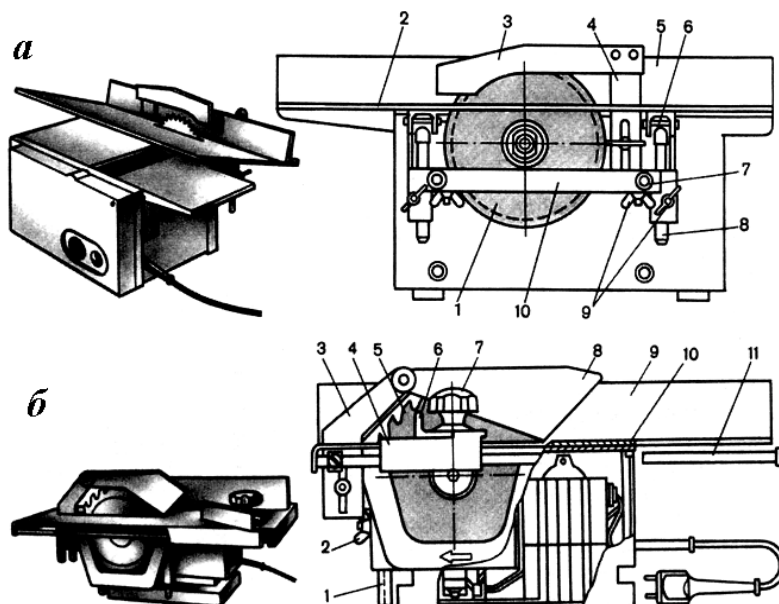


Рис. 14.11. Машины для распиловки и обработки древесины:
а – деревообрабатывающая машина; *б* – распиловочная машина

Деревообрабатывающая машина (рис. 14.11, *а*) предназначена для распиловки древесины вдоль и поперек волокон, строгания и фугования вдоль волокон, сверления и фрезерования древесины. Она представляет собой компактное настольное переносное устройство с набором сменных приспособлений для пиления, сверления, строгания и фрезерования. Составными частями машины являются фугальный механизм, прижимное приспособление для пиления и фрезерования, стол для сверления и фрезерования, защитное приспособление. В фугальный механизм входят асинхронный однофазный электродвигатель мощностью 0,9 кВт на напряжение 220 В, алюминиевый барабан со строгальными ножами и клиноременная передача, передающая вращение от электродвигателя ножевому барабану и закрепленным на его валу сменным режущим рабочим органом с частотой 75 с⁻¹ (на холостом ходу). На конусном конце вала ножевого барабана установлен патрон для крепления фрез диаметром 8, 12 и 125 мм и сверл по дереву.

Прижимное приспособление устанавливается и крепится сверху машины и состоит из литого алюминиевого корпуса, двух стержней с кронштейнами и прижимами, двух осей с роликами и винта с гайкой для регулирования прижимного усилия. Приспособление для пиления включает пильный диск 1, прямую 2 и угловую 10 плиты, направляющую линейку 5, кронштейн 6 и направляющие стержни 7 и 8. Приспособление фиксируется в заданном положении с помощью барашковых гаек 9. Угол наклона стола для пиления регулируется в диапазоне 0...45°, угол распила без поворота стола может составлять 0...45°. При подготовке к пилению выбирают и устанавливают пильный диск нужного диаметра, закрепляют направляющие стержни, угловую плиту, стол для пиления, защитное приспособление – нож 4 с козырьком 3 и направляющую линейку.

Машина обеспечивает наибольшую глубину пропила 45 мм, ширину строгания за один проход 200 мм, наибольшую глубину строгания за один проход 2 мм.

Распиловочная машина (рис. 14.11, б) применяется для распиловки досок и брусков при устройстве дощатых полов и резки паркетных планок при устройстве паркетных полов. Она укомплектована сменными пильными дисками с различным числом зубьев. В состав машины входят асинхронный однофазный электродвигатель с двойной изоляцией мощностью 0,9 кВт, одноступенчатый редуктор, пильный диск 5 диаметром 200 мм, вращающийся с частотой 40 с^{-1} (на холостом ходу), и защитное приспособление, включающее нож 3 и козырек 8 для автоматического прикрытия пилы во время работы. Крутящий момент от электродвигателя передается пильному диску через одноступенчатый редуктор. На корпусе редуктора посредством кронштейнов закреплена плита 10 с направляющей планкой 9, которая может перемещаться по направляющим стержням 1 в вертикальной плоскости и устанавливаться под углом $0...45^\circ$. В заданном положении плита фиксируется барашковыми гайками 2. При распиловке паркетных планок под углом применяют поворотный уголок 6 с фиксатором 7, устанавливаемый под нужным углом пропила на каретке 4, движущейся вместе с паркетной планкой по направляющей 11.

Для распиловки брусков и досок в продольном направлении применяют пильные диски с числом зубьев 24, при поперечном – с числом 36. При распиловке паркетных планок используют диски с числом зубьев 96. Машина обеспечивает наибольшую глубину пропила древесины 60 мм.

Максимальный габарит распиливаемого материала $200 \times 20 \times 5$ мм. Машина подключается к сети однофазного переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Электрические дисковые пилы предназначены для продольной и поперечной распиловки досок и брусков толщиной до 70 мм при устройстве дощатых и паркетных полов, а также обрезки крайних рядов штучного паркета под фризový ряд, для зарезки шипов и других работ, а также для распиловки древесно-стружечных, асбестоцементных, цементно-стружечных плит, мрамора и фосфогипса. Приведенная на рис. 14.12 электропила имеет асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, работающий от переменного тока напряжением 220 В с частотой 50 и 200 Гц. Пилу устанавливают ползьями на плоскость распиливаемого материала. Включением курка пускового устройства двигателя приводится во вращение пильный диск. В процессе работы пилу перемещают в направлении распила, нажимая на ее рукоятку.

Современные дисковые пилы работают от однофазного коллекторного двигателя с вентилятором. Они снабжены устройством для подавления радиопомех и сменными пильными дисками. При замене стального пильного диска абразивным, дисковые пилы можно использовать для резки мрамора, камня и других материалов. Основными параметрами пил являются, глубина пропила, диаметр и частота вращения пильного диска. Дисковые пилы обеспечивают глубину пропила 65...80 мм. Электропилы подключаются к питающей сети однофазного переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц с помощью токоподводящего кабеля со штепсельной вилкой. Пилы,

закрепленные на верстаке с помощью струбцин, могут быть использованы в качестве стационарных распиловочных станков.

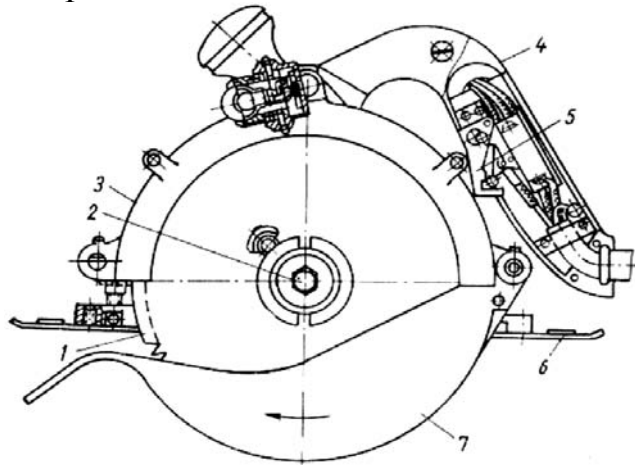


Рис.14.12. Дисковая электропила:

1 – пильный диск; 2 – вал; 3 – кожух верхний неподвижный; 4 – рукоятка; 5 – пусковой курок; 6 – полз; 7 – кожух нижний откидной

Электрические рубанки предназначены для строгания изделий из дерева и применяются на плотнично-опалубочных и столярных работах, а также при устройстве полов. Они осуществляют прямое, угловое, фасонное и фальцевое строгание древесины при изготовлении деревянных конструкций и обеспечивают строгание древесины вдоль и поперек волокон. Рубанки можно использовать как малогабаритные переносные строгальные станки. Рубанки одинаковы по конструкции и максимально унифицированы.

На рис.14.13, I приведена конструктивная схема *электрорубанка с асинхронным электрическим двигателем* трехфазного переменного тока с внешним ротором (обращенного типа). Применение электродвигателя обращенного типа позволяет упростить конструкцию электрорубанка за счет исключения передачи от электродвигателя к ножевому барабану. Внешний ротор двигателя служит ножевым барабаном. Рубанок снабжен двумя рукоятками для передачи осевых усилий, двумя панелями и ножками для крепления рубанка к верстаку при использовании рубанка в качестве станка. Ширина строгания электрорубанком равна длине ножей (до 100 мм), глубина строгания – до 2 мм.

Электрорубанок с однофазным коллекторным двигателем имеет двойную изоляцию, (рис. 14.13, II, а, б). Корпус выполнен пластмассовым и снабжен основной и дополнительной рукоятками. Рубанок имеет плоскозубчатую ременную передачу, фрезы со вставными плоскими ножами, механизм регулирования глубины строгания и питающий кабель со штепсельной вилкой.

Рабочим органом рубанка служит цилиндрическая фреза 9 с закрепленными в ее пазах двумя стальными плоскими двухлезвийными ножами 10. Ножи крепятся в пазах самостопорящимися клиньями. Точное выставление ножей при установке осуществляется двумя регулировочными винтами. Режущие кромки ножей равномерно выступают за цилиндрическую поверхность фрезы на 2...3 мм и устанавливаются строго параллельно оси

фрезы. Угол заострения режущей кромки ножа зависит от свойств обрабатываемой древесины и составляет при строгании мягких пород 35° и при строгании пород средней твердости и твердых $40...42^\circ$.

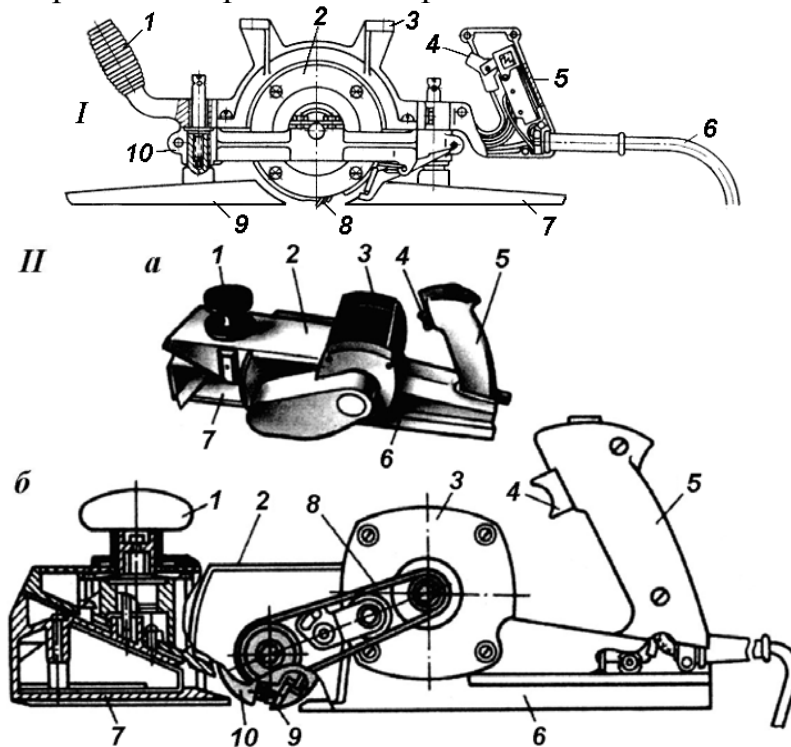


Рис. 14.13. Электрорубанки: I – с асинхронным двигателем:

1 – передняя рукоятка; 2 – электродвигатель; 3 – ножи; 4 – пусковой курок; 5 – задняя рукоятка; 6 – кабель; 7 – задняя панель; 8 – ножи; 9 – передняя панель; 10 – рама; II – с коллекторным двигателем: а – общий вид; б – конструктивная схема

Фреза приводится во вращение однофазным коллекторным электродвигателем 3 через плоскозубчатую ременную передачу 8. Рабочий орган с приводом смонтированы в корпусе 2 с передней подвижной 7 и задней неподвижной 6 лыжами. Глубина строгания регулируется поворотом ручки 1, изменяющей положение передней лыжи относительно обрабатываемой поверхности. Включают рубанок через двухполюсный выключатель 4, установленный в основной рукоятке 5. Для работы в стационарном положении рубанок устанавливают на верстак с помощью стоек в перевернутом положении лыжами вверх. Основными параметрами рубанков являются ширина и глубина строгания за один проход.

Рубанки обеспечивают ширину строгания (за один проход) 75... 100 мм при глубине строгания до 3 мм и оборудуются двигателями мощностью 0,6...1,15 кВт.

Электрические долбежники предназначены для выборки в деревянных изделиях и конструкциях отверстий, пазов и гнезд прямоугольной формы при выполнении столярных работ, а также при устройстве дощатых и паркетных полов. Они используются в деревообрабатывающих цехах и непосредственно на строительных объектах.

Долбежник (рис. 14.14, а) состоит из однофазного коллекторного двигателя 3, одноступенчатого цилиндрического редуктора, бесконечной долбежной фрезерной цепи 6 с направляющей линейкой 5, двух направляющих

колонок с прижимами 1, рычажного механизма подачи 4, основания 7 с зажимным приспособлением, выключателя с устройством для подавления радиопомех и токоведущего кабеля со штепсельной вилкой.

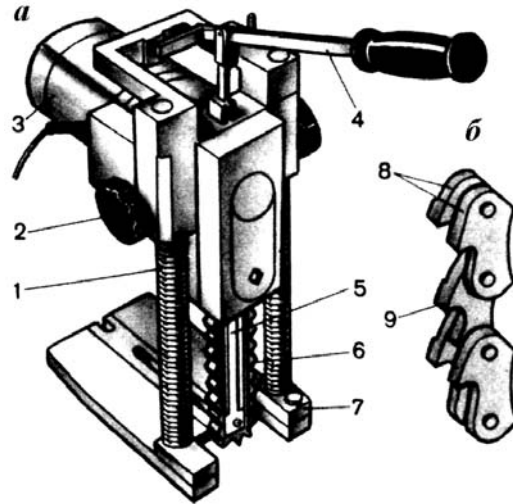


Рис. 14.14. Электрический долбежник

Фрезерная цепь обегает направляющую линейку и приводится в действие ведущей звездочкой, закрепленной на выходном валу редуктора. На нижнем конце направляющей линейки смонтировано устройство для натяжения цепи. Привод с рабочим органом (двигатель, редуктор со звездочкой, фрезерная цепь с направляющей линейкой) представляет собой подвижный узел и установлен на двух вертикальных направляющих колонках, закрепленных в основании – плите машины и удерживается в верхнем положении цилиндрическими витыми пружинами, надетыми на направляющие.

Заглубление фрезерной цепи в обрабатываемый материал при долблении паза осуществляется при равномерном нажатии на рукоять рычажного механизма подачи. В исходное положение привод с рабочим органом возвращаются пружинами. Глубина хода долбления регулируется ограничителем. Для фиксации привода на колонках служат стопорные винты 2. Долбежник крепится к верстаку или обрабатываемому изделию с помощью зажимного устройства, смонтированного на основании.

Долбежная цепь (рис. 14.14, б) состоит из внешних режущих 8 и внутренних скалывающих 9 звеньев, соединенных между собой шарнирно. Ширина долбежной цепи и ширина направляющей линейки определяют соответственно ширину и длину паза, полученного за один проход. Максимальная глубина паза определяется длиной направляющей линейки. Для долбления пазов с различными сечениями и глубиной каждый долбежник снабжается набором сменных цепей и линейек.

Основными параметрами долбежников являются размеры выбираемых пазов и скорость резания. У отечественных долбежников максимальный размер выбираемых пазов составляет 20х60х160 мм, скорость резания 0,1 м/с, мощность электродвигателя до 1,1 кВт.

Эксплуатационная производительность деревообрабатывающих машин

$$\Pi_3 = BH\nu_n K_y K_v (\text{м}^3/\text{с}),$$

где B и H – соответственно ширина и глубина пропила (для дисковой пилы и лобзика), гнезда (для долбежника), строгания или фрезерования (для ножевых барабанов и фрез), м; ν_n – скорость подачи рабочего органа, м/с; K_y – коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки древесины; K_v – коэффициент использования машины по времени.

14.2.7. Электрические ручные герметизаторы

Герметизаторы предназначены для заделки стыков строительных конструкций промышленных и жилых сооружений с целью их уплотнения путем нагнетания в стыки нетвердеющих мастик типа «Бутепрол», МПС или УМС-50.

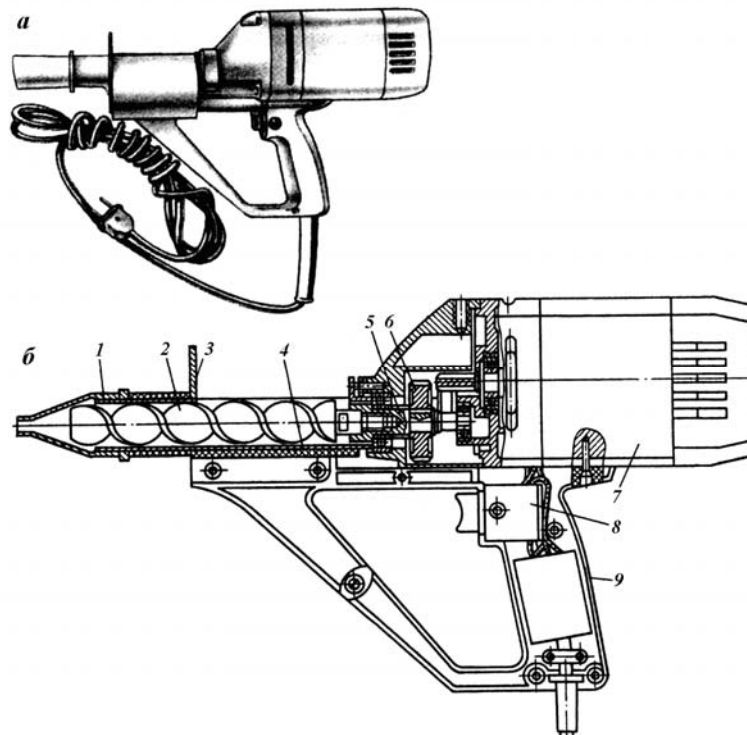


Рис. 14.15. Электрический герметизатор:

а – общий вид; *б* – конструктивная схема

Герметизатор (рис. 14.15, *а*, *б*) состоит из однофазного коллекторного электродвигателя 7, двухступенчатого редуктора 6, шнека 2 с наружным диаметром 25 мм и шагом навивки 30 мм, направляющей трубы 4 шнека с формирующим насадком (соплом) 1, загрузочного устройства 3 барабанного типа, корпуса и рукоятки 9 с выключателем 8 и устройством для подавления радиопомех. Шнек имеет левую спираль, соединен со шпинделем 5 с помощью хвостовика с резьбой и получает вращение от электродвигателя через редуктор с частотой 11 с^{-1} . У загрузочного окна направляющей трубы шнека с левой стороны машины расположен загрузочный барабан, который приводится во вращение брикетом мастики при захватывании его вращающимся шнеком. Шнек через сопло нагнетает мастику в герметизируемый стык. Для предотвращения кольцевого вращения подаваемой шнеком мастики в направляющей трубе имеется восемь продольных канавок. При включении электродвигателя крутящий момент от вала ротора передается через двухступенчатый редуктор на шпиндель и закрепленный на нем шнек, который подает мастику через сопло в стыки строительных конструкций.

Производительность герметизатора 1,8 л/мин, потребляемая мощность 1,05 кВт.

14.3. Пневматический инструмент

При производстве строительно-монтажных, санитарно-технических и отделочных работ получили пневматические ручные машины, источником энергии которых служит атмосферный воздух, сжатый до 0,5...0,7 МПа в компрессорах. По сравнению с электрическими пневматические машины легче, портативнее, проще по конструкции, нечувствительны к перегрузкам, обладают большей удельной мощностью, более надежны и безопасны в эксплуатации. Однако пневматические машины имеют низкий к.п.д. (8...16%) и расходуют электроэнергию в среднем в 7...9 раз больше (поскольку для привода компрессора необходим двигатель большой мощности), а также требуют дополнительных эксплуатационных расходов на сооружение трубопроводов – воздухопроводов с приборами для очистки воздуха и на обслуживание компрессорной установки. По принципу действия различают вращательные, ударные и ударно-вращательные пневмомашин.

14.3.1. Пневматические машины ударного действия

Молотки различного назначения (отбойные, рубильные и клепальные) и ломы аналогичны по конструкции. Принцип их действия основан на преобразовании энергии сжатого воздуха в механическую работу поршня-бойка, движущегося возвратно-поступательно в цилиндре ствола машины и наносящего периодические удары по хвостовику рабочего инструмента. Возвратно-поступательное движение поршня-бойка обеспечивается с помощью воздухораспределительного устройства клапанного или золотникового типа, приводимого в действие сжатым воздухом. Воздухораспределительное устройство осуществляет впуск сжатого воздуха в цилиндр ствола поочередно в камеры прямого (рабочего) и обратного хода поршня-бойка и выпуск отработанного воздуха в атмосферу. Сжатый воздух к воздухораспределителю подается через пусковое устройство. К группе пневматических инструментов ударного действия, рабочий орган которых совершает поступательно-возвратное движение, относятся отбойные, рубильные и клепальные молотки, бетоноломы и т.п.

Современные пневмомолотки и ломы – комплексно виброзащищенные машины, у которых ударный узел отделен от корпуса, удерживаемого оператором, упругими элементами. Они оснащены глушителями для снижения уровня шума. Основными параметрами являются энергия единичного удара и частота ударов.

Отбойные молотки используются при разработке карьеров камня и глины, при разработке мерзлого грунта, для пробивки отверстий, проемов, углублений и борозд в стенах и перекрытиях, при разработке старых сооружений, а также для разборки бетонной кладки и дорожных покрытий. Отбойные молотки имеют широкое распространение в угольной и горнорудной промышленности.

На рис. 14.16, *а* показан отбойный молоток с автоматическим пусковым устройством и воздушным затвором золотникового типа. При нажатии на рукоятку 1 пружины 2 возврата рукоятки и пружина 4 золотникового затвора сжимаются, и золотник 3 затвора открывается. Как только нажатие на рукоятку прекратится, рукоятка под действием пружин возврата отжимается, а под действием пружины 4 золотник перекрывает воздушные каналы, прекращая подачу воздуха в инструмент. Рабочий наконечник 8 воспринимает удары поршня-бойка 5 и передает его обрабатываемому материалу. Наконечник обычно состоит из трех частей: собственно рабочей части наконечника – пики, коронки, зубила и т.п.; хвостовика 6, служащего для закрепления наконечника в буксе 7 и для восприятия удара от бойка. Рабочие наконечники изготавливают из высокоуглеродистых инструментальных сталей.

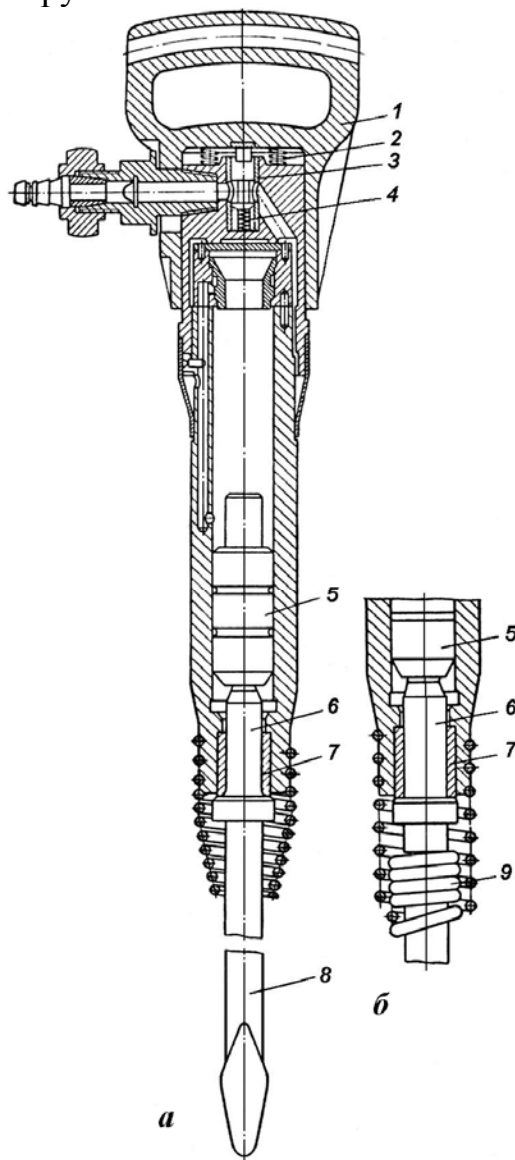


Рис. 14.16. Отбойный молоток (бетономол):

а – общее устройство; *б* – приспособление для удержания наконечника

Наконечники, работающие в тяжелых условиях (например, при обработке весьма крепких камней), изготавливают из легированных инструментальных сталей с последующей специальной термообработкой. С целью увеличения

стойкости и уменьшения износа наконечников применяется электроискровое упрочнение острия наконечника твердыми сплавами.

Концевые буксы и удерживающие приспособления (рис. 14.16, б) служат для закрепления рабочего наконечника в инструменте и создания ему определенного направления при работе. Наиболее простым удерживающим приспособлением является пружина 9 специальной навивки.

Отбойные молотки рассчитаны на рабочее давление воздуха 0,5...0,6 МПа; ударник молотка делает 700...2400 ударов в 1 мин, причем более мощные и тяжелые инструменты имеют меньшее число ударов. Работа одного удара составляет 30...50 Н·м, а расход свободного воздуха – 1,3...1,4 м³/мин; масса молотка 8...10 кг.

Лопаты-ломы (бетоноломы). По конструкции и принципу действия бетоноломы сходны с отбойными молотками, но мощнее их и предназначены для выполнения более тяжелых работ. Лопаты-ломы снабжаются двумя следующими сменными рабочими инструментами: лопатой и ломом. Рабочее давление воздуха – 6 ат, число ударов – 900...1200 в 1 мин, работа одного удара – 70...80 Н·м, расход свободного воздуха – 1,2...1,6 м³/мин, масса лопаты-лома – 18...30 кг.

Рубильные и клепальные молотки. Используются для рубки металла и для расклепывания заклепок, а также (с соответствующим рабочим инструментом) для тески камня, пробивки отверстий в кирпичной кладке, чеканки стыков в раструбных трубах и для других работ применяются рубильные и клепальные молотки. Подобно отбойным молоткам, они относятся к инструментам ударного действия.

Собственный вес рубильных и клепальных молотков по сравнению с отбойными молотками несколько меньше.

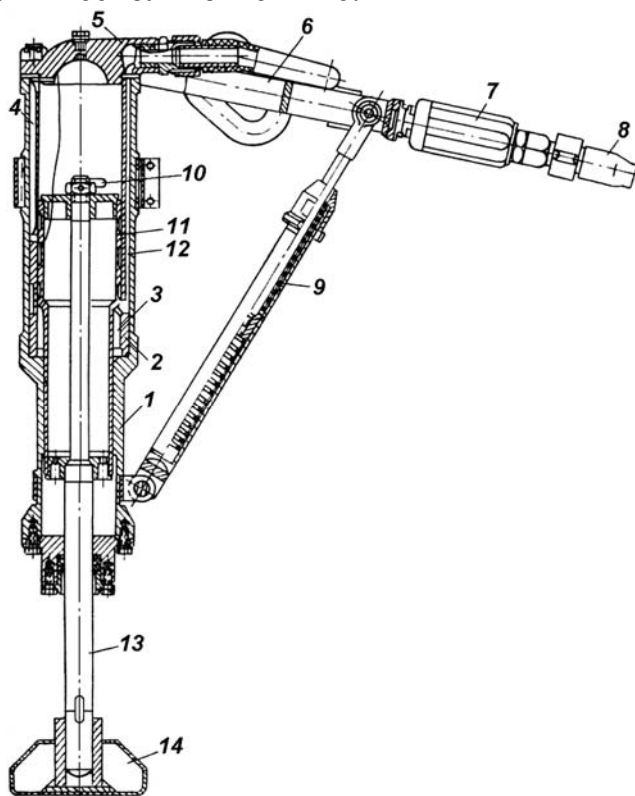


Рис. 14.17. Пневматическая трамбовка: 1 – корпус; 2 – ствол; 3 – кольцевая полость; 4 – канал; 5 – крышка; 6 – рукоятка; 7 – пусковое устройство; 8 – воздушный шланг; 9 – амортизатор; 10 – отверстие; 11 – поршень; 12 – канал; 13 – шток; 14 – трамбуемый башмак

Пневмотрамбовки (рис. 14.17) применяются для уплотнения грунта в стесненных местах (в траншеях, канавах, ямах и т.п.), не допускающих использования моторных катков и других машин. Принцип их действия аналогичен принципу действия ранее рассмотренных ударных пневмоинструментов.

Трамбование осуществляется прямоугольным или круглым башмаком 14, насаженным на шток 13. При повороте пускового устройства 7 сжатый воздух из шланга 5 по каналу 12 поступает в кольцевую полость 3. Оказывая давление на кольцевой уступ поршня, воздух перемещает его вверх. Воздух из надпоршневого пространства будет при этом частично выходить через отверстие 10, пока оно не перекроется поршнем. Затем откроется нижнее отверстие канала 4, воздух начнет давить на поршень сверху и заставит его вместе со штоком и башмаком двигаться вниз и производить удар.

Бурильные молотки (перфораторы). На рис. 9.2 показан пневматический бурильный молоток. В цилиндрическом корпусе поршень-ударник движется под действием сжатого воздуха, поступающего попеременно в нижнюю и верхнюю полости цилиндра. При рабочем ходе (движение вниз) поршень-ударник наносит удар по хвостовику штанги бура, вставляемому в нижнюю часть поворотной буксы и удерживаемому буродержателем. При холостом ходе поршень движется вверх совместно с буром.

Поворотный механизм автоматически осуществляет поворот штанги и бура посредством геликоидальной пары, превращающей поступательное движение поршня-ударника во вращательное движение верхней части поворотной буксы и связанной с ней ее нижней частью. Геликоидальная пара состоит из стержня 7 со спиральными шлицами, входящими в шлицы гайки 15, закрепленной в головке поршня-ударника. Храповое устройство в виде храповой муфты с системой собачек 13 и нажимных стержней с пружинами обеспечивает вращение стержня 7 лишь в одну сторону, против часовой стрелки.

При рабочем ходе поршня-ударника гайка 15 производит поворот стержня 7, при холостом ходе поршня-ударника стержень удерживается храповым устройством. Вследствие этого поворачивается гайка вместе с поршнем-ударником, увлекающим за собой благодаря шлицевому соединению поворотную буксу, а следовательно, и штангу с буром. Бурильные молотки расходуют в 1 мин 1...3 м³ воздуха давлением до 6 ат. Удаление разрушенной породы производится водой или сжатым воздухом.

Для промывки или продувки шпуров применяется бур, который представляет собой стержень шестигранного или иного сечения с коронкой и с центральным каналом, по которому подается вода или воздух. Коронки имеют различный диаметр и форму. Однодолотчатые и двухдолотчатые коронки используются для бурения пород мягких и средней крепости. Крестовые и звездчатые коронки, имеющие много режущих граней, применяют для крепких

пород. Получили применение стойкие буровые коронки, армированные пластинками вольфрамовых металлокерамических сплавов. В целях экономии применяют съемные коронки, заменяемые при износе.

Ручные пневматические бурильные молотки имеют массу от 10 до 30 кг, колонковые – до 70 кг.

14.3.2. Вращательные пневмомашины

К ним относятся сверлильные, шлифовальные, резьбонарезные пневмомашины, пневмоножицы и пневмогайковерты, кинематика, назначение и принцип действия которых такие же, как у рассмотренных выше электромашин с вращательным движением рабочего органа. Для привода вращательных пневмомашин применяют поршневые, турбинные и ротационные пневмодвигатели. По сравнению с поршневыми турбинные и ротационные пневмодвигатели проще по конструкции, портативны (на 1 кВт мощности двигателя приходится не более 1 кг массы), быстроходны (до 330 с^{-1}), легко реверсируются и могут выдерживать значительные перегрузки.

Турбинные двигатели, имеющие частоту вращения до 1670 с^{-1} , применяют в высокоскоростных шлифовальных машинах с абразивными борголовками диаметром до 30 мм. Основные недостатки таких двигателей – быстрый износ лопаток и значительный шум при работе.

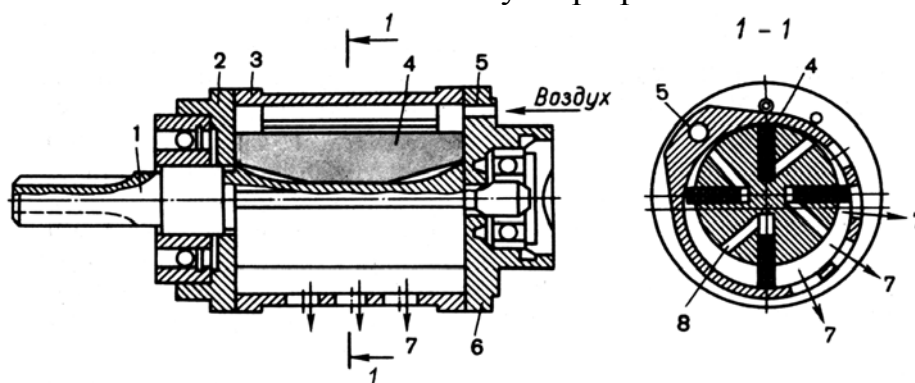


Рис. 14.18. Пневматический ротационный двигатель

Ротационный двигатель (рис. 14.18.) состоит из корпуса (статора) 3, ротора 1, в пазах которого свободно установлены лопатки 4, передней 2 и задней 6 крышек, закрывающих статор с торцов. Ротор расположен эксцентрично относительно внутренней цилиндрической поверхности статора. Лопатки изготавливаются из текстолита толщиной 3...5 мм и могут свободно перемещаться в пазах ротора в радиальном направлении. Сжатый воздух, поступая в рабочую полость двигателя через отверстие 5 в задней крышке, давит на выступающие части лопаток и заставляет ротор вращаться. Лопатки при вращении прижимаются центробежной силой к внутренней поверхности статора, препятствуя перемещению воздуха из одной полости в другую. Отработанный воздух через отверстия 7 в корпусе выбрасывается в атмосферу. В теле ротора имеются каналы 8, которые служат для уравнивания давления воздуха на торцы лопаток и выхода воздуха из пазов при движении лопаток к центру вращения. Вал ротора вращается в двух шарикоподшипниках. Выступающий конец вала ротора обычно выполнен в виде прямозубой или

косозубой цилиндрической шестерни, которая служат ведущим звеном планетарного редуктора.

Ротационные пневмодвигатели изготавливают реверсивными и не-реверсивными с правым или левым вращением ротора. В реверсивных пневмодвигателях сжатый воздух подается попеременно в правую или левую рабочие полости двигателя, заставляя ротор вращаться в соответствующем направлении. Реверсирование производится с помощью специального механизма, устанавливаемого в задней крышке двигателя или в пусковом устройстве. Поддержание заданной скорости ротора ротационных двигателей обеспечивается центробежными регуляторами.

Для снижения шума до уровня санитарных норм машины с ротационными пневмодвигателями снабжаются глушителями. Основные узлы пневматической машины вращательного действия (двигатель, редуктор, рукоятка с пусковым устройством) изготавливают в виде отдельных унифицированных узлов, заменяемых при выходе их из строя.

Пневматические сверлильные машины. Сверление, зенковка, развертывание отверстий в металле, камне, дереве и пр. осуществляются с помощью сверлильных машин. Пневматическая сверлилка (рис. 14.19) снабжена ротационным двигателем, состоящим из неподвижного корпуса (статора), ротора и лопаток. В статоре имеются отверстие для впуска сжатого воздуха и щели для выпуска воздуха в атмосферу. Ротор размещается внутри статора эксцентрично. Лопатки свободно скользят в пазах ротора и при его вращении прижимаются торцевой частью к поверхности статора под действием центробежной силы. Ротор приводится во вращение сжатым воздухом, который, стремясь расшириться, давит на лопатку. Для создания одинакового давления на торцы лопаток пазы, в которых они перемещаются, сообщаются посредством канавок с пространством между ротором и статором.

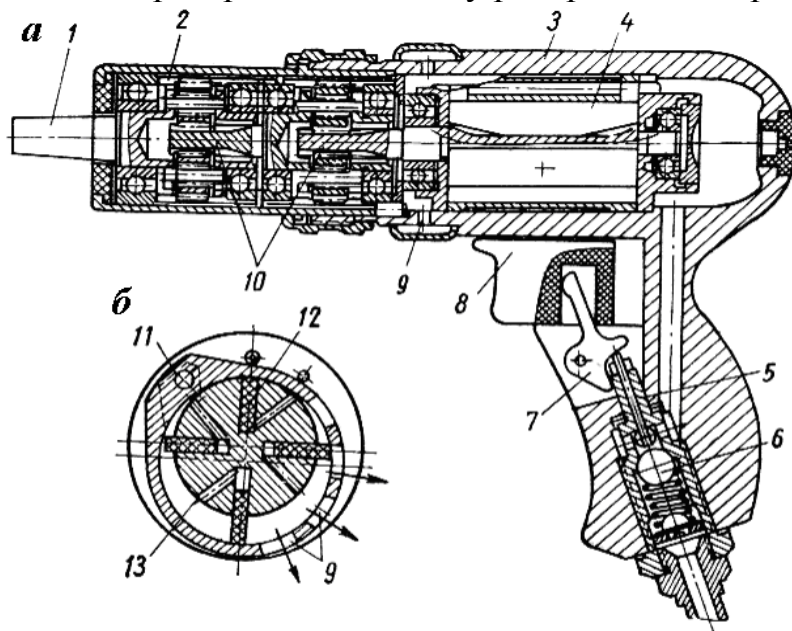


Рис. 14.19. Пневматическая сверлилка:

а – конструкция сверлилки; б – ротационный двигатель; 1 – шпиндель; 2 – редуктор; 3 – корпус; 4 – ротационный двигатель; 5 – стержень пускового устройства; 6 – клапан; 7 – собачка; 8 – пусковой курок; 9 –

отвертия для выпуска отработанного воздуха; 10 – шестерня; 11 – отверстие для впуска воздуха; 12 – лопатки; 13 – воздушный клапан

Для сверления отверстий при работе в стесненных местах выпускаются угловые сверлилки, в которых ось шпинделя расположена под прямым углом к оси ротора двигателя. Вращение передается конической зубчатой парой от ротора двигателя к шпинделю.

Пневматические сверлильные РМ способны сверлить отверстия диаметром до 32 мм (по стали), имеют частоту вращения шпинделя (на холостом ходу) $6,6...33 \text{ с}^{-1}$, мощность двигателя $0,4...1,8 \text{ кВт}$, массу $1,7...8 \text{ кг}$. Расход сжатого воздуха при максимальной мощности составляет $0,9...1,2 \text{ м}^3/\text{мин}$, рабочее давление воздуха $0,5 \text{ МПа}$.

С пневматическим ротационным двигателем выпускаются также инструменты для нарезания резьбы, гайковерты, ножницы, шлифовалки и др.

Шлифовальные пневмомашинны выполняют прямыми, угловыми и торцовыми. Торцовую шлифовальную машину применяют в основном для шлифования и полирования металлических, цементных, гранитных и мраморных поверхностей. Прямые машины комплектуются кругами диаметром $63...150 \text{ мм}$, торцовые и угловые – чашечными кругами диаметром $125...180 \text{ мм}$. Частота вращения шпинделя пневмошлифовальных машин $75...200 \text{ с}^{-1}$, мощность двигателя $0,4...1,5 \text{ кВт}$ при расходе сжатого воздуха $0,9...2 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Пневматические гайковерты имеют то же назначение, что и гайковерты с электроприводом. Различают гайковерты частоударные с частотой ударов $15...20 \text{ с}^{-1}$ и редкоударные с частотой ударов $2...3 \text{ с}^{-1}$. Они различаются между собой в основном конструкцией и принципом действия ударно-вращательного механизма. Каждый пневматический гайковерт состоит из реверсивного ротационного пневматического двигателя с глушителем, вибробезопасного ударно-вращательного механизма, корпуса, рукоятки с пусковым устройством и механизмом реверса с переключателем. Частоударные гайковерты выпускают прямыми и угловыми, редкоударные – только прямыми. Прямые гайковерты выполнены по безредукторной схеме, в конструкцию угловых машин включен одноступенчатый цилиндрический редуктор.

Частоударные пневмогайковерты обеспечивают сборку резьбовых соединений диаметром $14...36 \text{ мм}$ за $4...10 \text{ с}$ и развивают наибольший момент затяжки $100...1600 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Ударно-вращательные механизмы частоударных гайковертов унифицированы и имеют одинаковый принцип действия, сходный с принципом действия ударно-вращательных механизмов частоударных электрических гайковертов. Редкоударные пневмогайковерты предназначены для тарированной затяжки ответственных высокопрочных резьбовых соединений диаметром $20...60 \text{ мм}$ и развивают энергию удара $25...160 \text{ Дж}$. Конструкции и принцип работы редкоударных гайковертов имеют мало различий.

Пневматические ножницы предназначены для резки листового металла и проката при максимальной толщине разрезаемого металла $1,6...2,5 \text{ мм}$. Основным параметром ножниц является толщина разрезаемого металла. По типу режущего инструмента они разделяются на ножевые и вырубные.

Конструкция и принцип действия режущего инструмента ножевых и вырубных ножниц с пневматическим и электрическим приводами аналогичны. Промышленность выпускает унифицированные пневматические ножевые ножницы и вырубные ножницы, которые различаются между собой только режущим инструментом. Ножницы могут быть представлены в виде универсальной машины со сменным ножевым и вырубным режущим инструментом.

14.3.3. Выбор компрессора и расчет воздухоподводящей сети

Расчетная производительность компрессора для питания группы пневмомашин

$$P_K = \sum Q \cdot n \cdot k_1 k_2, \text{ м}^3/\text{с},$$

где $\sum Q \cdot i = Q_1 c_1 + Q_2 c_2 + \dots + Q_n c_n$ – суммарный расход воздуха машинами; $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ – расход воздуха одной машиной, $\text{м}^3/\text{с}$; $c_1, c_2, \dots, c_n$ – количество однотипных машин; k_1 – коэффициент одновременности работы машин; при изменении количества одновременно работающих машин с 2 до 30 k_1 уменьшается от 0,9 до 0,53; k_2 – коэффициент, учитывающий потери воздуха в магистралях, шлангах и машинах ($k_2 = 1,2 \dots 1,35$).

Минимально допустимый диаметр питающего трубопровода или шланга:

$$d = 88 \sqrt[5]{Q_{\text{экв}}^2 L_{\text{экв}} / \Delta p}, \text{ мм},$$

где $Q_{\text{экв}}$ – расход воздуха на данном участке, $\text{м}^3/\text{мин}$; $\Delta p = 0,1 \dots 0,15$ – минимально допустимые потери давления, Па; $L_{\text{экв}} = l_{\text{г}} + l_{\text{м}}$ – эквивалентная длина участка, м; $l_{\text{г}}$ – геометрическая длина участка, м; $l_{\text{м}}$ – местные потери давления в арматуре, м.

14.4. Ручные машины с пиротехническим приводом

При производстве строительно-монтажных работ значительный объем составляют операции крепления к строительным основаниям различных строительных деталей, конструкций, оборудования и инженерных коммуникаций. Такие операции могут выполняться с применением ручных машин с пиротехническим приводом – пороховых монтажных пистолетов и пиротехнических оправок, действие которых основано на использовании энергии расширяющихся пороховых газов. Монтажные пистолеты и оправки встраивают (забивают) в бетонные и железобетонные (до класса В30 включительно), металлические (с пределом прочности до 450 МПа), кирпичные, шлако- и керамзитобетонные основания силой взрыва порохового заряда специальные крепежные детали – стальные дюбели.

Автономность источника энергии пороховых пистолетов и оправок обеспечивает их применение независимо от наличия электрической сети и компрессорной установки. Применение монтажных пистолетов и пиротехнических оправок исключает трудоемкую операцию по сверлению гнезд и отверстий в конструкциях, а также расход большого количества дорогостоящих твердосплавных сверл и распорных дюбелей.

С помощью монтажных пистолетов и оправок производят крепление санитарно-технического и электротехнического оборудования, прокладку трубо- и воздухопроводов, крепление гидро-, тепло- и звукоизоляционных материалов, монтаж внутренних стен и перегородок, выполнение отделочных

работ, сборку металлоконструкций из деталей небольшой толщины и др. Дюбелями скрепляют детали из угловой, полосовой и листовой стали, крепят рифленый кровельный материал.

Монтажные пистолеты и пиротехнические оправки используют специальные беспульные патроны (рис. 14.20, а), снабженные бездымным порохом, с различными по величине зарядами. Мощность заряда выбирают в зависимости от прочности и вида строительного основания, диаметра и длины дюбеля. Различают дюбеля-гвозди и дюбеля-винты (рис. 14.20, б, в). Дюбелями-гвоздями путем непосредственной «пристрелки» прикрепляют к строительным основаниям несъемные детали и конструкции, изготовленные из металла, дерева, деревоволокнитов, пластмасс и др. На дюбелях-винтах с резьбовой головкой крепят гайками конструкции и детали, подлежащие периодическому демонтажу. Дюбеля изготавливаются из хромистой стали и имеют высокую твердость ($HRC > 50$). Для центровки и фиксирования в стволе (направителе) пистолета дюбеля снабжают полиэтиленовыми шайбами или наконечниками. Широкое распространение получили поршневые монтажные пистолеты типа ПЦ с поршневым принципом забивки дюбеля.

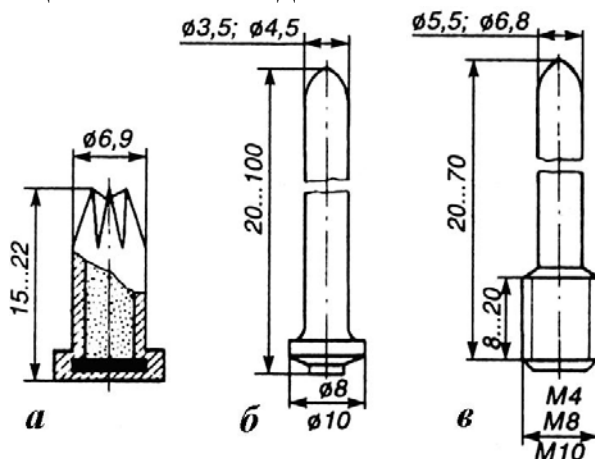


Рис. 14.20. Патрон и дюбеля

Принцип действия пистолетов показан на рис. 14.21. В пистолетах (рис. 14.21) дюбель 6 с центрирующей шайбой 7 устанавливается в направителе 8 ствола 2 непосредственно перед торцом поршня 4. При насечке бойком капсюля патрона 1 происходит взрыв порохового заряда. Под давлением пороховых газов (до 300 МПа) поршень разгоняется по каналу ствола и забивает дюбель в строительную конструкцию 9. Разгон поршня под давлением происходит на участке 45 мм, после чего пороховые газы через выхлопные отверстия 3 в стволе сбрасываются в атмосферу. Поршень тормозится сопротивлением внедряемого дюбеля. Ход поршня ограничен упругим амортизатором 5, предотвращающим сквозной прострел малопрочного основания.

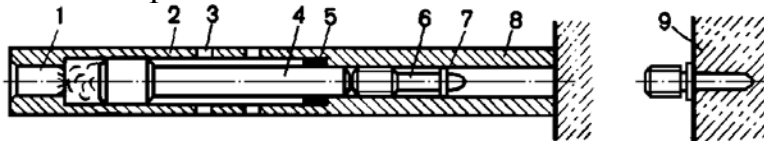


Рис. 14.21. Принципиальная схема монтажного поршневого пистолета

Монтажный поршневой пистолет (рис. 14.22) представляет собой однозарядный самовзводный ручной монтажный инструмент, который позволяет производить забивку дюбелей в любых пространственных положениях и в любых климатических условиях. Он состоит из ствола 7 с патронником 17, поршневой группы, прижима 2, коробки 16 с ударно-спусковым механизмом и рукояткой 14.

С пистолетом используются две различные по мощности группы патронов кольцевого воспламенения калибра 6,9 мм длиной 15 мм (группа «К») и 22 мм (группа «Д»). Каждая группа патронов в зависимости от величины порохового заряда и соответственно мощности делится на четыре номера. Патрон каждого номера имеет отличительную окраску гильзы. При работе с пистолетом применяют дюбели-гвозди различной длины и дюбели-винты с резьбой М6 и М8.

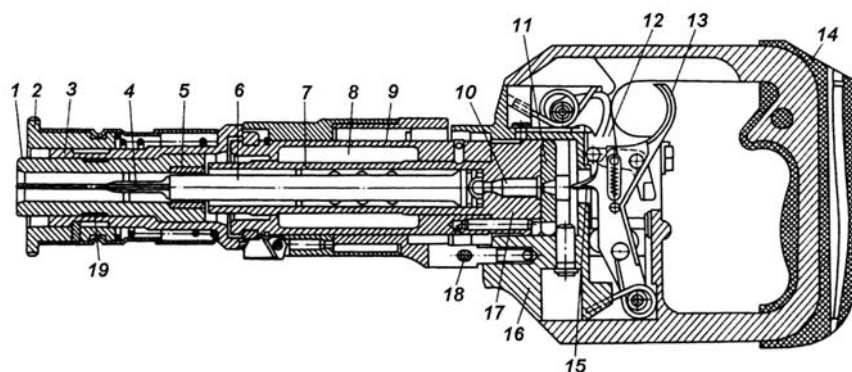


Рис. 14.22. Монтажный поршневой пистолет

Пистолет комплектуется двумя сменными стволами с длиной патронника 15 и 22 мм и тремя поршневыми группами, которые устанавливаются в пистолет в зависимости от длины и диаметра дюбеля. Сменная поршневая группа состоит из наконечника 3, направлятеля 1 с каналом для дюбеля 4, поршня 6, ствола 7 и амортизатора 5. Направитель состоит из двух полуцилиндров, объединенных стопором 19. Поршневая группа смонтирована в муфте 9, соединенной с рукояткой 14 шарниром 18. Для снаряжения пистолета перед выстрелом необходимо сначала вставить соответствующий дюбель 4 с шайбой (или наконечником) в канал направлятеля 1, продвинуть с помощью шомпола дюбель и поршень в направлятеле до упора, а затем «разломить» пистолет относительно шарнира 18, вставить патрон 10 в патронник 17 ствола и закрыть пистолет.

Чтобы произвести выстрел, прижим 2 пистолета нажатием на рукоятку 14 прижимают к месту забивки дюбеля до полного утапливания направлятеля за плоскость наконечника 3 и оттягивают до отказа спусковой рычаг 13 ударно-спускового механизма. Перемещение направлятеля происходит совместно со стволом и затвором 11 до упора в дно коробки 16 к плоскости накала капсюля. При оттягивании спускового рычага взводится боевая пружина, под действием которой в конечный момент взведения боек 15 курка 12 ударяет по закраине капсюля патрона, в результате чего происходит выстрел. Под давлением пороховых газов поршень разгоняется по стволу, воздействуя на дюбель в направлятеле. Разгон поршня до скорости 60...90 м/с под давлением пороховых

газов происходит на участке 45 мм, после чего газы через отверстия в стволе 7 сбрасываются в расширительные полости 8 муфты 9.

Дальнейшее движение поршня и дубеля происходит по инерции, при этом в конечный момент за счет сопротивления строительной конструкции скорость поршня и дубеля падает до нуля. Если к моменту полного заглубления дубеля поршень не остановился, его полное торможение обеспечивается за счет деформаций упругого амортизатора 5.

При ослаблении нажатия пистолетом на место пристрелки под действием пружин возвращаются в исходное положение затвор и поршневая группа. После выстрела пистолет раскрывают, при этом происходит выдвижение (выбрасывание) стреляной гильзы из патронника ствола с помощью экстрактора.

Гарантийная долговечность пистолетов 25000 выстрелов. Производительность до 50 выстрелов в час, масса (без принадлежностей) 4,6 кг.

Пистолеты снабжены блокировкой, исключающей случайный выстрел в воздух. К работе с монтажными пистолетами допускаются лица, прошедшие специальное обучение и получившие соответствующее удостоверение. Операторы при работе используют индивидуальные средства защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: Учеб. для машиностр. спец. вузов. – 6-е изд. перераб. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с., ил.
2. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процессы в строительстве: Учеб. пособие для студ. строит. и автомобильно-дорожных вузов. – М.: Высш. шк., 1977. – 255 с.
3. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение. 1981. – 324 с.
4. Владимирский С. Механизация строительства мостов: Учеб. пособ. для студ. спец. «Мосты и транспортные тоннели». СПб.: ООО «Издательство ДНК». 2005. – 152 с.
5. Волков Л.А. Оборудование для производства арматуры железобетонных конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 224с.
6. Волков С.А. Физические основы рабочих процессов машин для изготовления арматуры железобетонных конструкций. СПбГАСУ. – СПб.: 2001. – 125 с.
7. Волков С.А. Эффективное технологическое оборудование производства арматуры железобетонных конструкций / Ленингр. дом науч. техн. пропаганды. – Л., 1983. – 27с.
8. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации: Учеб для строит. вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.: ил.
9. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Машины для городского строительства: Учеб. для студ. вузов спец. «Городское строительство». – М.: Высш. шк., 1985. – 360 с.: ил.
10. Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Строительные машины (в 2-х ч.) Ч II Учеб для студ. вузов по спец. «Строит. и дор. маш. и оборуд.» – М.: Высш. шк., 1985. – 224 с., ил.
11. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет: Учебник для вузов; Под общей ред. Н.Я. Хархуты. – 2-е изд., дополн. и перераб. Л.: Машиностроение, (Ленингр. отд-ние), 1976. – 472 с.: ил.
12. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учебник для вузов по дисциплине «Дорожные машины» для специальностей 170900, 230100, 150600/ В.И. Баловнев и др.; / Под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд., дополн. и перераб. – Москва – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 528 с.: ил. 209.
13. Дроздов Н.Е., Журавлев М.И. Механическое оборудование заводов сборного железобетона. Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1975. – 302 с.
14. Евтюков С.А., Шапунов М.М. Пневмотранспортное оборудование в строительной индустрии и строительстве. / Под общ. ред. С.А. Евтюкова. –СПб. ООО «Издательство ДНК», 2005. – 360 с.
15. Канторер С.Е. Строительные машины и экономика их применения: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1973. – 528 с.

16. Краны для строительства мостов; Справочник /Вейнблат Б.М., Елинсон И.И., Каменцев В.П. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1988. – 240 с.
17. Макаров В.И., Соколов В.П. Машины для дробления и сортировки материалов. Справочник. – М.,– Л.: Машиностроение, 1966. – 156 с.
18. Машины для земляных работ: Учебник /Гаркави Н.Г., Аринченков В.И., Карпов В.В. и др. / Под ред. Н.Г. Гаркави. – М.: Высш. шк., 1982. – 335 с., ил.
19. Машины для строительства дорог. Изд. 2-е перераб. и доп. Ф.П. Катаев, К.Ф. Абросимов, А.А. Бромберг, Ю.А. Бромберг. – М.: Машиностроение, 1971. – 624 с.
20. Невзоров Л.А., Полосин М.Д. Краны башенные и автомобильные. – М.: Академия, 2005. – 416 с.
21. Носенко Н.Е. Механизация арматурных работ: Зарубеж. опыт. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 223 с.
22. Руденко-Моргун И.Я., Чичерин И.И. Технология свайных работ: Учеб. пособие для строит. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1983. – 96 с.
23. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: Учеб. для вузов по спец. «Строительные машины и оборудование». – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.
24. Справочник по кранам: В 2-х т. / Под общ. ред. проф. М. М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, 1988. Т. 1 – 536 с., Т. 2 – 559 с.
25. Строительные машины: Учебник для вузов по спец. ПГС/ Д.П. Волков, Н.И. Алешин, В.Я. Крикун, О.Е. Рынсков; / Под ред. Д.П. Волкова. – М.: Высш. шк., 1988. –319 с.: ил.
26. Строительные машины. Справочник в 2-х т. Под ред. д-ра техн. наук В.А. Баумана и инж. Ф.А. Лапира. Т. 1. Машины для строительства промышленных, гражданских, гидротехнических сооружений и дорог. – Изд. 4-е, перераб и доп. М., Машиностроение, 1976. 502 с. с ил.
27. Строительные машины. Справочник в 2-х т. Под ред. д-ра техн. наук В.А. Баумана и инж. Ф.А. Лапира. Т. 2. Оборудование для производства строительных материалов и изделий. Изд. 2-е, перераб и доп. – М., Машиностроение, 1977. 496 с.
28. Суворов А.В., Левинзон А.Л. Машины для свайных работ/ Под ред. С.П. Епифанова и др. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 407 с.
29. Фиделев А.С., Чубук Ю.Ф. Строительные машины. – Киев: Издательство «Вища школа», 1971, – 356 с.
30. Шкундин Б.М. Машины для гидромеханизации земляных работ; Справочное пособие / Под ред. С.П. Епифанова и др. – М.: Стройиздат, 1974. – 184 с.