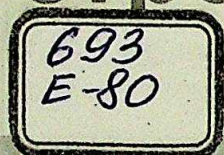


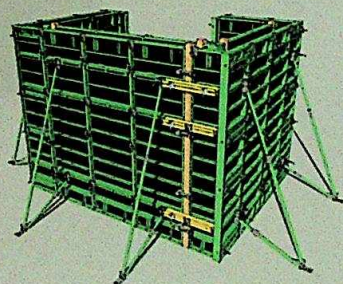
М.Н. Ершов
А.А. Лapidус
В.И. Теличенко

Технологические процессы в строительстве



КНИГА 5

ТЕХНОЛОГИИ МОНОЛИТНОГО
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА



Учебник

693
Е-80

1 жз

М.Н. Ершов, А.А. Лapidус, В.И. Теличенко

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Книга 5. Технологии монолитного бетона и железобетона

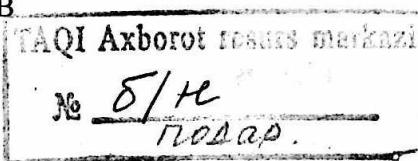
*Рекомендовано Федеральным государственным
бюджетным образовательным учреждением высшего
профессионального образования «Московский государ-
ственный строительный университет» в качестве
учебника для подготовки бакалавров по направлению
08.03.01 (270800) «Строительство» и подготовки
специалистов по специальности 08.05.01 (271101)
«Строительство уникальных зданий и сооружений»*



Издательство АСВ

Москва
2016

АРМАТ
ИРБИС



Рецензенты:

заведующий кафедрой ТСП (ТГАСУ), д.т.н, профессор *А.И. Грыня*;
заслуженный строитель, доцент кафедры ТСП (ТГАСУ) *А.П. Бояринцев*;
академик РААСН, д.т.н., профессор *Л.С. Ляхович*;
академик Российской инженерной академии, д.т.н.,
профессор кафедры ТОСП МГСУ, заслуженный строитель РФ,
лауреат Государственной премии *П.П. Олейник*;
председатель совета директоров ЗАО «ВНИИжелезобетон»,
член-корр. РААСН, профессор *В.А. Рахимов*;
к.т.н., доцент, советник РААСН, декан строительного факультета (ПГТУ)
В.Г. Котов;
к.т.н., доцент, зав. кафедрой СМиТС (ПГТУ) *О.В. Конова*;
ректор (СПбГАСУ), д.э.н., профессор *Е.И. Рыбнов*;
зав. кафедрой технологии строительного производства (ТСП) (СПбГАСУ),
д.т.н., профессор *А.Ф. Юдина*.

Ершов М.Н., Лapidус А.А., Теличенко В.И.

Технологические процессы в строительстве. Книга 5. Технологии монолитного бетона и железобетона: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 128 с.

ISBN 978–5–4323–0133–8

Железобетон, несмотря на свою многолетнюю историю, остается одним из наиболее перспективных композитных строительных материалов, делающих жизнь человека комфортнее и красивее. Уникальные свойства железобетона сделали его важнейшим материалом в современном строительстве.

В книге «Технологические процессы в строительстве. Технологии монолитного бетона и железобетона» описаны основные свойства бетона, представлены конструкции и отмечены особенности выбора и применения опалубочных систем, описаны способы и приемы армирования монолитного железобетона; способы доставки, подачи, укладки и уплотнения бетонных смесей, ухода за монолитными конструкциями; технологические особенности бетонирования в экстремальных климатических условиях; специальные методы бетонирования.

Регистрационный № рецензии 2976 от 10.02.2015

ISBN 978–5–4323–0133–8

© Издательский дом АСВ, 2016
© Ершов М.Н., Лapidус А.А.,
Теличенко В.И., 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1. Бетон и железобетон в современном строительстве	5
2. Общие положения технологии устройства монолитных конструкций	6
3. Состав и свойства бетона	7
4. Опалубка. Опалубочные работы	14
4.1. Классификация опалубки	14
4.2. Требования, предъявляемые к опалубке	25
4.3. Технологическое проектирование опалубочных работ	25
4.4. Современные опалубочные системы	27
4.5. Производство опалубочных работ	29
4.6. Выбор опалубочных систем	35
5. Армирование конструкций	36
5.1. Назначение и виды арматуры	36
5.2. Состав арматурных работ	43
5.3. Изготовление арматурных изделий	44
5.4. Соединение арматурных элементов	44
5.5. Производство арматурных работ на объекте	51
6. Бетонирование конструкций	55
6.1. Состав процесса, подготовка к бетонированию	55
6.2. Производство и доставка бетонной смеси на объект	57
6.2.1. Мобильные бетонные заводы	57
6.2.2. Перевозка бетонной смеси автотранспортом	59
6.3. Подача бетонной смеси кранами	62
6.4. Транспортировка бетонной смеси ленточными транспортерами	63
6.5. Трубопроводный транспорт бетонной смеси	64
6.6. Уплотнение бетонной смеси	70
6.7. Безвибрационная укладка бетонной смеси	77
6.8. Бетонирование фундаментов и массивов	79
6.9. Бетонирование стен в разборно-переставной опалубке	80
6.10. Бетонирование стен в скользящей опалубке	81
6.11. Бетонирование каркасных конструкций	84
6.12. Выдерживание бетона	87
6.13. Технология бетонных работ в зимних условиях	88
6.13.1. Физические процессы и определяющие положения	88
6.13.2. Метод «термоса»	91
6.13.3. Бетонирование с предварительным разогревом бетонной смеси	91
6.13.4. Обеспечение твердения бетона с комплексными противоморозными добавками	92
6.13.5. Искусственный прогрев и нагрев бетона	93
6.14. Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата	102
6.15. Распалубливание конструкций	104

6.16. Специальные методы бетонирования	108
6.16.1. Вакуумирование бетона	108
6.16.2. Торкретирование	111
6.16.3. Подводное бетонирование	117
6.17. Контроль качества бетонных и железобетонных работ	122
6.18. Техника безопасности при бетонных работах	124

1. Бетон и железобетон в современном строительстве

Бетон и железобетон в строительстве России занимают ведущее место. Масштабность применения бетона и железобетона обусловлена их высокими физико-механическими показателями, долговечностью, хорошей сопротивляемостью температурным и влажностным воздействиям, возможностью получения конструкций сравнительно простыми технологическими методами, использованием в основном (за исключением стали) местных материалов, сравнительно невысокой стоимостью.

По способу выполнения бетонные и железобетонные конструкции разделяют на сборные, монолитные и сборно-монолитные.

Сборные конструкции изготавливают на заводах и полигонах, затем доставляют на строящийся объект и устанавливают в проектное положение.

Монолитные конструкции возводят непосредственно на строящемся объекте.

Сборно-монолитные конструкции выполняют из сборных элементов заводского изготовления и монолитной части, объединяющей эти элементы в единое целое.

Наряду с сохранением высокого объема строительства из сборного железобетона постоянно возрастает доля зданий и сооружений, выполняемых с применением монолитных конструкций. В промышленном и гражданском строительстве применение монолитного железобетона эффективно при возведении массивных фундаментов, подземных частей зданий и сооружений, массивных стен, различных пространственных конструкций, стенок и ядер жесткости, дымовых труб, резервуаров, зданий повышенной этажности (особенно в сейсмических районах) и многих других конструкций и инженерных сооружений.

Стоит отдельно выделить основные преимущества монолитного строительства перед другими технологиями: шаг конструкций при монолитном строительстве может изменяться в широком диапазоне. В технологиях сборного строительства – все конструкции имеют размеры, кратные определенному модулю; производство конструкций, выполняемых на заводе, не позволяет быстро изменить форму и размеры оснастки: домостроительные комбинаты выпускают строго определенную номенклатуру панелей, конструкций и изделий, и, чтобы изменить ассортимент, необходимо переоснащать завод. Архитекторы и проектировщики в этом случае привязаны к определенным типоразмерам и, как следствие, ограничены в принятии проектных решений. Монолитные здания позволяют обеспечить любые требования

заказчика – неограниченную протяженность, любую этажность, выразительную конфигурацию фасада, свободную планировку помещений.

Монолитные здания легче кирпичных на 15...20%. Существенно уменьшается толщина стен и перекрытий. За счет облегчения массы конструкций уменьшаются материалоемкость фундаментов и стоимость их устройства. Производственный цикл переносится на строительную площадку. При сборном домостроении изделия изготавливаются на заводе, привозятся на площадку и монтируются, но при их изготовлении на всех технологических этапах закладываются допуски, которые приводят к дополнительным трудозатратам при отделке стыков. Если монолитное строительство ведется по правильно организованной схеме, то возведение зданий осуществляется в сопоставимо короткие сроки. Кроме того, качественно выполненная работа максимально исключает необходимость мокрых процессов: стены и потолки практически готовы к финишной отделке.

Монолитное строительство обеспечивает «бесшовную» конструкцию перекрытий и части стен, что улучшает показатели их тепло- и звукопроницаемости. Кроме того, такие конструкции более долговечны.

2. Общие положения технологии устройства монолитных конструкций

Возведение монолитных бетонных и железобетонных конструкций требует выполнения комплекса процессов, включающих устройство опалубки, армирование и бетонирование конструкций, выдерживание бетона, распалубливание, а также (при необходимости) отделку поверхностей готовых конструкций.

Технологический процесс возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций состоит из заготовительных и монтажно-укладочных (основных) процессов, связанных между собой транспортными операциями.

В состав заготовительных процессов входят операции по подготовке и изготовлению элементов опалубки, арматуры, сборке арматурно-опалубочных блоков, приготовлению бетонной смеси. Они выполняются, как правило, в заводских условиях или в специализированных цехах и мастерских.

Основные процессы, которые выполняют непосредственно на строительной площадке:

- установка опалубки и арматуры в проектное положение;
- монтаж арматурных и арматурно-опалубочных блоков;
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- уход за бетоном в процессе твердения;

- натяжение арматуры (при бетонировании монолитных предварительно и постнапряженных конструкций);
- демонтаж опалубки после достижения бетоном требуемой прочности;
- контроль качества выполненных работ.

Распределение трудоемкости основных процессов можно представить таким образом: устройство опалубки – 25...35%, армирование – 15...25%, бетонирование и уход за бетоном – 20...30%, распалубливание – 15...25%, контроль качества 1...3%.

Монолитное строительство при круглогодичном возведении зданий требует применения специальных модифицированных бетонов исходя из того, что бетонная смесь должна достаточно длительное время сохранять требуемую консистенцию, а после укладки бетон должен набирать прочность достаточно быстро при любой температуре окружающего воздуха как летом, так и зимой. При этом расход цемента должен быть минимальным, а бетонная смесь должна иметь высокую связность (нерасслаиваемость) при литой (самоуплотняющейся) консистенции. Монолитные конструкции в зимнее время должны быть обеспечены технологическим прогревом.

3. Состав и свойства бетона

Готовая бетонная смесь, она же *товарный бетон*¹ – подвижный состав из четырех основных компонентов, замешиваемых в определенной пропорции: цемент, щебень, песок, вода и добавки. Аналогичная смесь, но без использования щебня называется цементным раствором либо пескобетоном в зависимости от фракций песка: в пескобетоне применяется песок более крупных фракций (3...7 мм).

Цемент и вода – главные ингредиенты бетона: на них возложена основная функция – связать все компоненты в единую монолитную структуру. Соблюдение правильной пропорции этих двух компонентов (водоцементное отношение) – главнейшая задача в производстве бетона. Важно учесть все нюансы: влажность и температуру щебня и песка, их влагопоглощение. Цемент, взаимодействуя с водой (гидратация цемента), способен схватываться и твердеть, образуя цементный камень. Цементный камень при затвердевании деформируется: объемная усадка достигает 2 мм/м, из-за чего возникают внут-

¹ Товарный бетон. Бетон, изготавливаемый на бетонном заводе, с целью его дальнейшей продажи и доставки на объекты потребителя, называется товарным бетоном или бетонной смесью, готовой к употреблению (БСГ). Существуют и сухие бетонные смеси – БСС. Однако их использование в промышленных масштабах ограничено.

ренные напряжения, появляются микротрещины. Для того чтобы уменьшить эти деформации, в состав вводят заполнители:

- крупные заполнители: щебень;
- мелкие заполнители: песок.

Роль этих заполнителей – создать структурный каркас, который воспринимает усадочные напряжения, в результате готовый бетон дает меньшую усадку. Кроме того, увеличиваются прочность и модуль упругости бетона (снижение деформаций конструкции под нагрузкой), уменьшается ползучесть (необратимые деформации при длительных нагрузках). Заполнители также существенно удешевляют бетон: энергоемкий в производстве цемент стоит значительно дороже щебня и песка, являющихся природными материалами.

Если перевести усредненные весовые доли компонентов 1 м³ готовой бетонной смеси в объемные:

- цемент 0,25 м³ (330 кг. Насыпная плотность цемента в среднем 1300 кг/м³);
- вода 0,18 м³ (180 л);
- щебень 0,9 м³ (1250 кг. При насыпной плотности 1350 кг/м³);
- песок 0,43 м³ (600 кг. При насыпной плотности 1400 кг/куб.),

получим общий объем 1,76 м³. Как же это все помещается в один куб бетона. При перемешивании и последующем вибрировании получается достаточно плотная субстанция. Все поры и пустоты замещаются плотно притертыми друг к другу заполнителями. Если бетонную смесь не трогать, она довольно быстро начинает твердеть. При вибрировании, перемешивании бетон снова переходит в пластичное состояние, при прекращении воздействия он снова начнет превращаться в плотную упругую массу, что свидетельствует о его тиксотропности¹.

Прочность (марка) щебня должна быть примерно в 2 раза больше расчетного класса бетона из-за того, что проектный (28 сут) класс бетона – всегда значительно ниже, чем его реальная прочность, которую он наберет через полгода или год. Прочность щебня не растет со временем. Таким образом их нивелируют.

Основные виды щебня:

- известняк. Средняя прочность 500...600 кг/см². Отдельные виды известняковых наполнителей 800 кг/см² вполне пригодны для изготовления бетона вплоть до классов В25...В30, но ввиду более низкой морозостойкости известняк, как правило, используют для производства бетонов классов В10...В25;

¹ Тиксотропия (тиксотропность) (от греч. *thixis* – прикосновение и *trope* – изменение) – способность субстанции уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя.

- **гравий.** Прочность основных видов гравия $800 \dots 1000 \text{ кг/см}^2$ достаточна для изготовления бетона класса вплоть до В40 (обычно не выше В35). Самый распространенный вид наполнителя. Обладает всеми качествами, необходимыми для получения большинства бетонных смесей;
- **гранитный щебень.** Наиболее прочный (до $1400 \dots 1600 \text{ кг/см}^2$) из наполнителей, имеет более низкое водопоглощение и вследствие этого – повышенную морозостойкость.

Наряду с тяжелыми (плотностью $1800 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$), в которых используются вышеперечисленные наполнители, в строительстве широко используются легкие бетоны – группа бетонов с объемной массой менее 1800 кг/м^3 . К ней относятся бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, аглопоритобетон, перлитобетон), бетоны на легких органических заполнителях (арболит, костробетон, полистиролбетон) и ячеистые бетоны (пенобетон, газобетон).

На сегодняшний день в мире производится порядка 800 видов *добавок* в бетон, каждая из которых придает бетону определенные свойства и имеет конкретное назначение. Их можно условно разделить на группы:

- **добавки, регулирующие основные свойства смеси**, такие как подвижность, пластичность, водоудержание, порообразование и т.д.;
- **добавки, регулирующие сохраняемость бетонной смеси и отвечающие за скорость твердения бетона** (скорость схватывания цемента), в основном влияющие на процесс гидратации в начальной стадии схватывания, твердения и набора прочности бетона;
- **добавки для придания железобетону специальных свойств:** полимерные, биоцидные и т.д.;
- **противоморозные добавки**, позволяющие производить бетонирование при минусовых температурах;
- **добавки, повышающие прочность, морозостойкость, коррозионную стойкость;**
- **ингибиторы коррозии стали.** Стальная арматура, входящая в состав монолитного железобетона, подвержена разрушающему воздействию агрессивных сред, в которых приходится работать многим железобетонным конструкциям;
- **расширяющие добавки в цемент**, снижающие усадку, повышающие трещиностойкость, создающие самонапряжение монолитных железобетонных конструкций;
- **красящие добавки** – пигменты для бетона;

- **добавки для гидроизоляции**, к которым можно отнести различные кольматрирующие добавки, гидрофобизаторы и другие средства, понижающие водопроницаемость бетонной конструкции;
- **поризующие добавки** для легких бетонов, способствующие целенаправленному образованию в теле бетона воздушных или других газообразных пор: газообразующие, воздухововлекающие, пенообразующие и т.д.;
- **армирующие добавки (фибра)** – волокна различного состава и мелкоразмерные металлические обрезки (табл. V-1). Благодаря им существенно улучшаются прочностные и качественные характеристики строительных бетонов и растворов. Они выступают полноценной заменой противоусадочных сеток. Волокна равномерно распределяются в бетоне (растворе) на любой стадии его создания и практически незаметны после твердения. При добавлении в бетон армирующих волокон он приобретает повышенную прочность на растяжение, улучшенные характеристики морозостойкости и химической устойчивости и более низкую водопроницаемость.

Товарный бетон маркируется буквенными и цифровыми индексами: марка – М, класс – В, подвижность (удобоукладываемость) – П, водонепроницаемость – W, морозостойкость – F.

Цифры *марки* бетона (М100, М200 и т.д.) обозначают средний предел прочности готового бетона на сжатие в кг/см^2 . Проверку соответствия необходимым параметрам осуществляют сжатием специальным прессом кубиков или цилиндров, отлитых из пробы смеси и выдержанных в течение 28 сут в нормальных температурно-влажностных условиях (рис. V-1, табл. V-2).

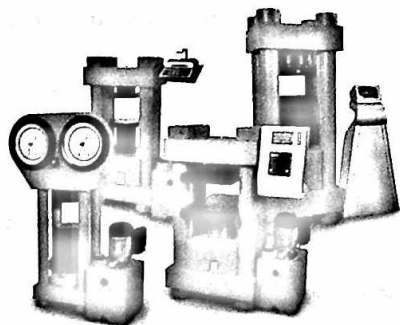


Рис. V-1. Испытательные прессы с усилием до 1200 кН для испытания бетонных кубов и цилиндрических образцов по ГОСТ 10180-90

В современных проектах бетон обозначается в классах. В общем, *класс* бетона – родственный марке параметр, но с некоторыми отличиями: в марках используется среднее значение прочности, в классах – прочность с гарантированной обеспеченностью с коэффициентом вариации 13%. Согласно СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» класс обозначается латинской буквой

Таблица V-1

Материал фибры	Плотность, г/см ³	Модуль упру- ги, МПа	Прочность на растяже- ние, МПа	Удлинение при разры- ве, %
Полипропиленовое	0,9	3500...8000	400...700	10...25
Полиамидное	0,9	1900...2000	720...750	24...25
Полиэтиленовое	0,95	1400...4200	600...720	10...12
Акриловое	1,1	2100...2150	210...420	25...45
Нейлоновое	1,1	4200...4500	770...840	16...20
Вискозное сверхпрочное	1,2	5600...5800	660...700	14...16
Полиэфирное	1,4	8400...8600	730...780	11...13
Хлопковое	1,5	4900...5100	420...700	3...10
Карбоновое	1,63	280 000...380 000	1200...4000	2,0...2,2
Углеродное	2,00	200 000...250 000	2000...3500	1,0...1,6
Стеклоанное	2,60	7000...8000	1800...3850	1,5...3,5
Асбестовое	2,60	68 000...70 000	910...3100	0,6...0,7
Базальтовое	2,60...2,70	7000...11 000	1600...3200	1,4...3,6
Стальное	7,80	190 000...210 000	600...3150	3...4

Соответствие классов и марок бетона

Класс бетона по прочности на сжатие/марка																		
B1	B1,5	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
				M50	M75	M100	M150	M150	M200	M250	M350	M400	M450	M550	M600	M700	M750	M800

Подвижность (удобоукладываемость). Согласно ГОСТ 7473-94 «Смеси бетонные. Технические условия» по удобоукладываемости (обозначается буквой «П») различают бетоны:

- сверхжесткие (жесткость¹ более 50 С);
- жесткие (жесткость от 5 до 50 С);
- подвижные (жесткость менее 4 С)

и подразделяются по осадке конуса – прибора в форме стандартного конуса 200×100×300 мм, – полностью заполняемого бетонной смесью. Ручки позволяют снять конус и оставить смесь без опоры. Под действием собственного веса она будет постепенно проседать и терять форму (см. рис. в табл. V-3). Когда процесс прекратится, производится измерение высоты. ГОСТ 10181-2000 «Смеси бетонные. Общие требования» устанавливает обозначения бетонных смесей по удобоукладываемости, указанные в табл. V-3.

Показатель удобоукладываемости имеет решающее значение при бетонировании с помощью бетононасоса. Для прокачки насосом используют смеси с показателем не ниже П4.

Водонепроницаемость. Для бетонов конструкций, к которым предъявляются требования ограничения проницаемости или повышенной плотности и коррозионной стойкости, назначают марку по водонепроницаемости, которая обозначается латинской буквой «W» и численными значениями (ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия»): W2, W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18, W20, обозначающими давление воды в кг/см², при котором стандартные бетонные образцы диаметром и высотой 15 см не пропускают через себя воду (например, бетон марки W4 при стандартном испытании не должен пропускать воду при давлении 0,4 МПа = 4 атм). Бетон, будучи капиллярно-пористым телом, при наличии соответствующего градиента давления проницаем для воды. Водонепроницаемость бетона зависит от множества факторов, среди которых основными являются степень и характер пористости материала. Чем более плотный бетон, тем меньше количество и объем пор в нем, тем выше его водонепроницаемость. Основные причины возникновения пор:

- недостаточная уплотненность бетона;
- наличие излишней воды затворения;
- уменьшение бетона в объеме при высыхании (усадка бетона).

¹ Жесткость бетонной смеси марок СЖ-1...СЖ-3 и Ж-1...Ж-4 определяется как время появления на поверхности бетона выделений цементного теста на специальном приборе, где бетонная смесь испытывается на вибростоле с пригрузом.

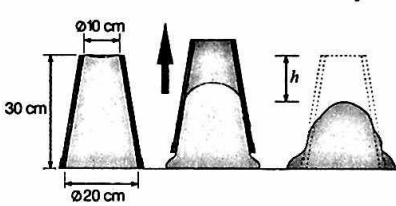
Необходимая уплотненность бетона достигается хорошим размешиванием и тщательной вибрацией.

Таблица V-3

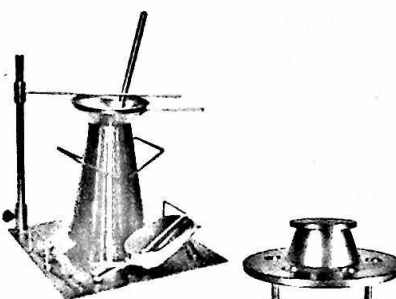
Марки бетонной смеси по удобоукладываемости

Марка по удобоукладываемости	Жесткость, с	Осадка конуса, см
Сверхжесткие смеси		
СЖЗ	Более 100	—
СЖ2	51...100	—
СЖ1	Менее 50	—
Жесткие смеси		
Ж4	31...60	—
Ж3	21...30	—
Ж2	11...20	—
Ж1	5...10	—
Подвижные смеси		
П1	4 и менее	1...4
П2	—	5...9
П3	—	10...15
П4	—	16...20
П5	—	21 и более

Определение подвижности бетонной смеси по осадке бетонного конуса



h – величина осадки бетонного конуса



Прибор для определения осадки конуса и прибор Красного (справа) для определения жесткости бетонной смеси марок Ж-1...Ж-4

Морозостойкость – способность бетона в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание. Обозначается латинской буквой «F» и численными значениями (ГОСТ 26633-91): F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500, F600, F800 и F1000 – количеством циклов, при котором потеря в массе образца менее 5%, а его прочность снижается не более чем на 25%.

Морозостойкость бетона зависит от его строения, особенно от характера пористости, который определяет объем и распределение льда, образующегося в теле бетона при отрицательных температурах, и, следовательно, значение возникающих напряжений и интенсивность протекания процесса ослабления структуры бетона.

4. Опалубка. Опалубочные работы

4.1. Классификация опалубки

Применение современных опалубочных систем при монолитном строительстве значительно повышает его технологичность. Сроки и качество возведения конструкций во многом определяет применяемая опалубка.

Современные опалубки для монолитного строительства различают:

- по конструктивным признакам;
- по функциональному назначению;
- по материалам формообразующих элементов;
- по классу обеспечения точности геометрических параметров;
- по применимости при различной температуре наружного воздуха.

Классификация опалубки по конструктивным признакам:

- разборно-переставная мелкощитовая опалубка;
- разборно-переставная крупнощитовая опалубка;
- подъемно-переставная опалубка;
- блочная опалубка;
- объемно-переставная опалубка;
- скользящая опалубка;
- горизонтально перемещаемая (катучая, тоннельная) опалубка;
- кессонная опалубка;
- пневматическая опалубка;
- несъемная опалубка.

По функциональному назначению опалубку классифицируют в зависимости от типа бетонируемых конструкций. В этих случаях различают опалубку:

- для вертикальных поверхностей (опалубка стен, опалубка колонн);
- для горизонтальных и наклонных поверхностей;
- для образования криволинейных поверхностей (например, пневматическая);
- для одновременного бетонирования стен и перекрытий, комнат и целых этажей.

Классификация опалубки по материалам формообразующих элементов (рис. V-2):

- металлическая;
- деревянная;

- из композитных и слоистых материалов: фанерная, из OSB (ориентированно-стружечная плита) и т.п.;
- пластмассовая;
- картонная;
- несъемная (пенополистирол, фибролиты и т.п.).

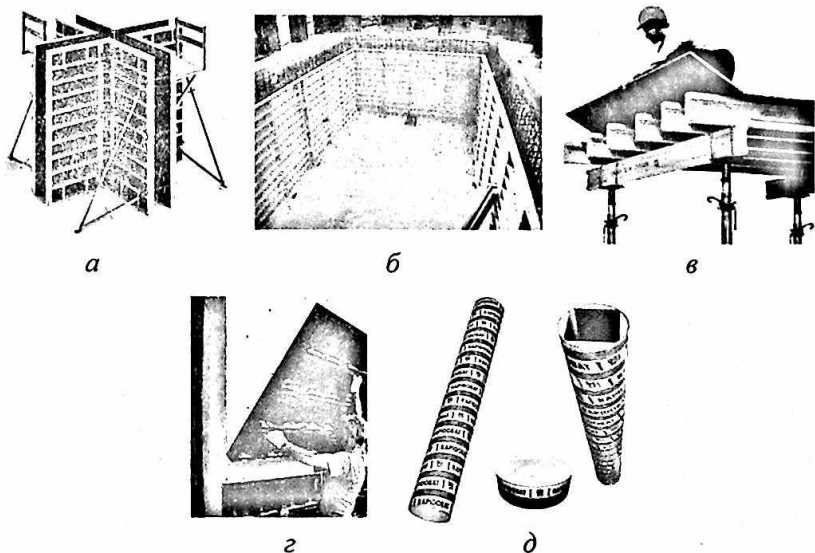


Рис. V-2. Опалубка (материалы формообразующих элементов):

а – металлическая; б – деревянная; в – фанерная; г – пластмассовая; д – картонная

Классификация опалубки по применяемости при различной температуре наружного воздуха и характеру ее воздействия на бетон:

- неутепленная;
- утепленная;
- греющая (термоактивная).

Основными элементами мелкощитовой опалубки (рис. V-3) являются плоские, корытообразные или криволинейные щиты каркасной или бескаркасной конструкции площадью до $1,5 \dots 2,0 \text{ м}^2$ единичной массой не более¹ 50 кг, поддерживающие элементы опалубки для горизонтальных и наклонных поверхностей, элементы крепления и соединения.

¹ Ограничение массы в соответствии с ПОТ РМ-007-98 «Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов».

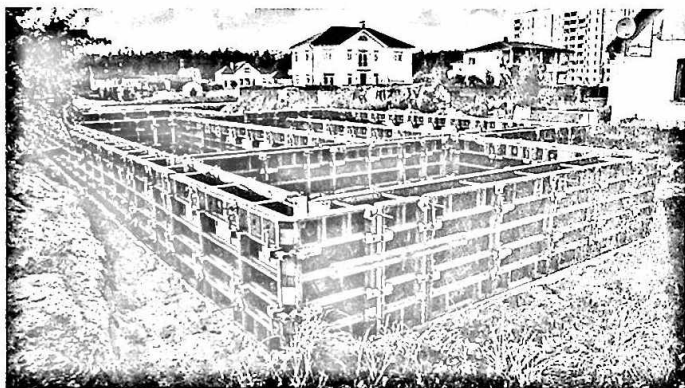


Рис. V-3. Мелкощитовая опалубка и ее использование

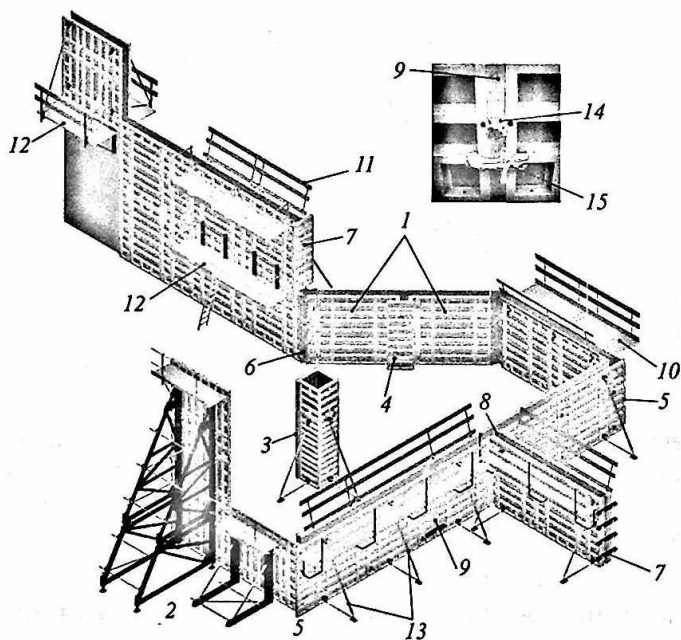


Рис. V-4. Основные элементы крупнощитовой опалубки для конструкций стен и колонн:

1 – щиты линейные; 2 – контрфорсы для односторонней опалубки; 3 – щиты опалубки колонн; 4 – щиты опалубки для пилонов; 5 – углы 90°; 6 – углы шарнирные; 7 – торцевые заставки; 8 – примыкания стен в форме буквы Т; 9 – вставки; 10 – навесные подмости; 11 – ограждение подмостей; 12 – подъемно-переставные системы; 13 – подкосы; 14 – стяжки; 15 – замки

Из элементов мелкощитовой опалубки можно собирать крупные панели и блоки, монтируемые и демонтируемые краном без разборки на элементы.

Крупнощитовая опалубка состоит из крупноразмерных щитов, элементов соединения и крепления, поддерживающих элементов (рис. V-4). Щиты опалубки воспринимают технологические нагрузки без установки дополнительных несущих или поддерживающих элементов. Такие щиты состоят из палубы, элементов жесткости и несущих элементов; их оборудуют подмостями для бетонирования, подкосами для установки и устойчивости, регулировочными и установочными домкратами. Крупнощитовую опалубку применяют для бетонирования протяженных стен, тоннелей, перекрытий (в сооружениях, конструктивная схема которых позволяет извлекать опалубку после бетонирования).

Подъемно-переставная опалубка монтируется из щитов, специальных креплений и приспособлений для подъема, опирающихся на возводимую конструкцию (рис. V-5). Опалубку применяют для возведения железобетонных сооружений с регулярной и переменной толщиной стен типа ядер жесткости высотных зданий, дымовых труб, градирен и др. Современные подъемно-переставные опалубки оснащены автоматизированной гидравлической подъемно-переставной системой для безопасной и быстрой работы без помощи крана с механизмом для выравнивания опалубки в трех направлениях (рис. V-6). Скорость подъема 4 м/ч.

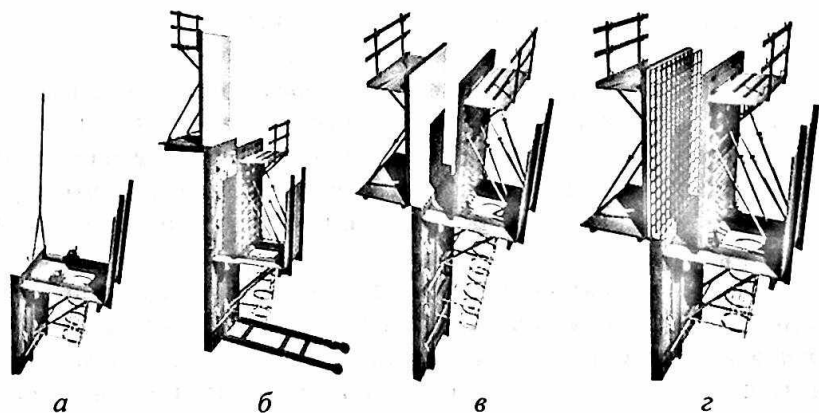


Рис. V-5. Элементы подъемно-переставной опалубки и последовательность ее монтажа и перестановки:

а — начальная установка краном; б, в, г — цикл подъема: распалубливание, подъем-перестановка, армирование

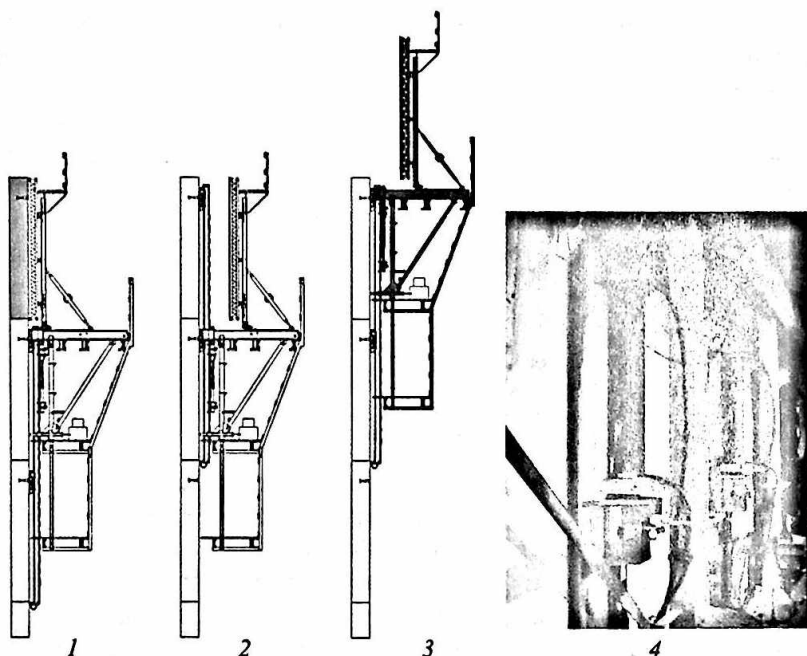


Рис. V-6. Автоматизированная система подъемно-переставной опалубки с анкерным креплением:

1 – 1-я фаза: стена готова; 2 – 2-я фаза: опалубка отодвинута, башмак смонтирован, подъем и фиксация рейки; 3 – 3-я фаза: подъем на следующий ярус, опалубка снова готова; 4 – гидравлический подъемник передвигает систему без промежуточного анкера к следующему ярусу бетонирования

Современным унифицированным вариантом использования преимуществ подъемно-переставной опалубки являются самоподъемные опалубочные рабочие платформы («опалубочные машины») (рис. V-7) для одновременного бетонирования монолитного ядра жесткости, лестничных и лифтовых шахт и фасада при возведении высотных зданий.

На платформе размещается все оборудование строительной площадки, предусмотрены защитные ограждения и всепогодное укрытие для безопасного выполнения работ даже на больших высотах. Мощные гидроцилиндры перемещают на следующую отметку платформу, опалубку, контейнеры для материалов и распределители бетонной смеси всего за один цикл без помощи крана, при этом не образуются разрывы между подмостями с риском падения. Благодаря интегрированным подмостям, лестничным башням и лестницам обеспечивается полная безопасность во время работы, при подъеме и спуске персонала.

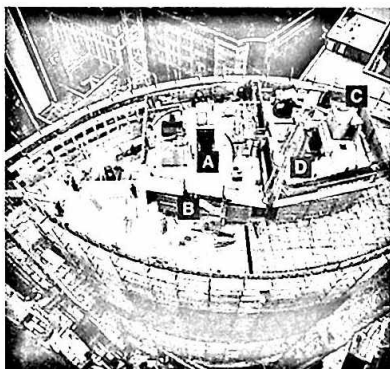
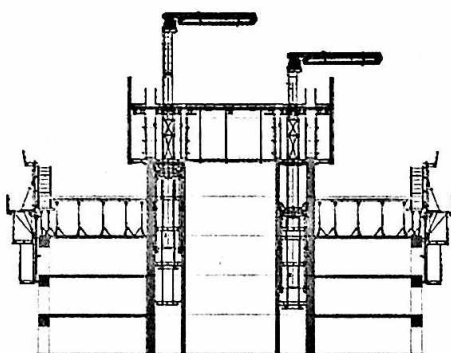


Рис. V-7. Самодвижущиеся подъемно-переставные системы (платформы) для высотного строительства:

A – проемы в рабочих подмостях для подачи материала или для установки лестничных маршей; *B* – безопасные пути подхода благодаря гибкому использованию лестничных башен; *C* – можно установить контейнеры для материалов и инструмента; *D* – стрела-распределитель бетона интегрирована в систему и переставляется вместе с платформой

Горизонтально перемещаемая (катучая) опалубка состоит из каркаса (рамы) и закрепленных на нем, большей частью неподвижно, опалубочных щитов (рис. V-8, б). Каркас устанавливается на тележках или других приспособлениях и перемещается вдоль возводимой конструкции. Применяется для бетонирования протяженных конструкций прямо- или криволинейного, в том числе замкнутого, очертания: подпорных стен, тоннелей, коллекторов, водоводов, возводимых открытым и закрытым способами. Для отделки сводов тоннелей с постоянным поперечным сечением и повторяющимися элементами, разрабатываемых закрытым способом, применяются специальные катучие тоннельные системы, которые состоят из внутренней и наружной частей. Внутренняя часть, которая монтируется на рельсовом пути, состоит из тележки, на которой расположены подъемные устройства. Тележка обладает горизонтальными и вертикальными домкратами, позволяющим устанавливать боковые и верхние щиты. После сборки опалубки по уже проложенным рельсам опалубка передвигается до захватки бетонирования (рис. V-8, а). На опалубке закрепляются специальные вибраторы. Бетонирование производится через встроенные в опалубку самоочищающиеся клапаны. После укладки бетона и его твердения до необходимого состояния производится отрыв опалубочных щитов с последующим приведением их в транспортное положение.

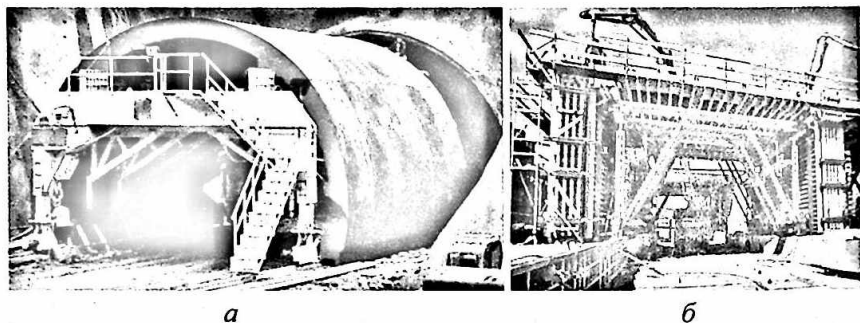


Рис. V-8. Горизонтально-перемещаемая опалубка:
а – тоннельная криволинейная; *б* – катучая прямолинейная

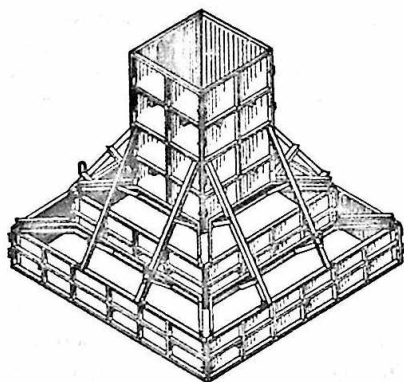


Рис. V-9. Разъемная блок-форма

Блок-формы представляют собой пространственные замкнутые блоки (рис. V-9), неразъемные и жесткие (выполненные на конус) или разъемные и раздвижные. Применяют их для бетонирования замкнутых конструкций относительно небольшого объема типа ростверков, ступенчатых фундаментов и др.

Объемно-переставная опалубка (или, как ее сейчас не совсем верно называют, «тоннельная» опалубка) состоит из двух секций Г-образной формы, соб-

ранных в П-образные модули, которые при соединении по длине образуют тоннели. Система тоннелей, установленных параллельно, перпендикулярно друг другу и т.д., в соответствии с планировкой здания образует опалубку для одновременного бетонирования стен и перекрытий. При распалубке секции сдвигают (сжимают) внутрь и выкатывают на консольный помост к проему для извлечения краном. Такую опалубку применяют для бетонирования главным образом поперечных несущих стен и монолитных перекрытий жилых и гражданских зданий с регулярной планировкой этажей.

Блочная опалубка монтируется из блоков замкнутого сечения (рис. V-11). При распалубке их складывают внутрь и переставляют краном или с помощью домкратов. Такую опалубку применяют для бетонирования замкнутых конструкций или ячеек типа лифтовых и вентиляционных шахт, лестничных клеток и др.

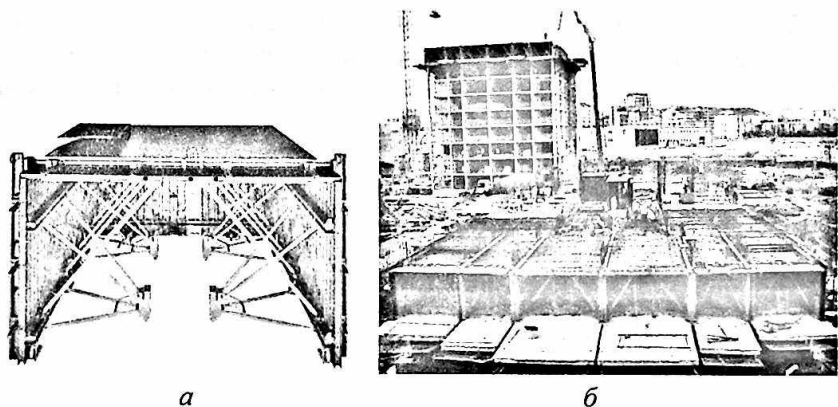


Рис. V-10. Объемно-переставная («тоннельная») опалубка (а); укладка арматуры и подготовка к бетонированию (б)

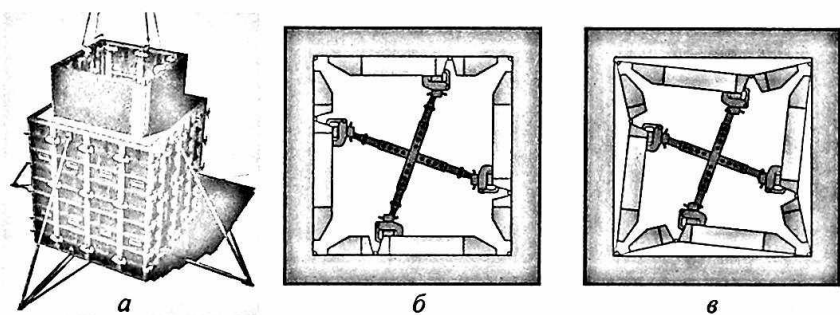


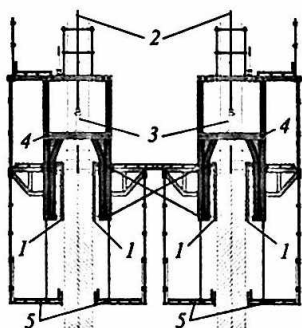
Рис. V-11. Пример блочной опалубки для бетонирования лифтовых шахт и принцип ее действия:

а – общий вид; б – рабочее положение; в – положение при снятии опалубки

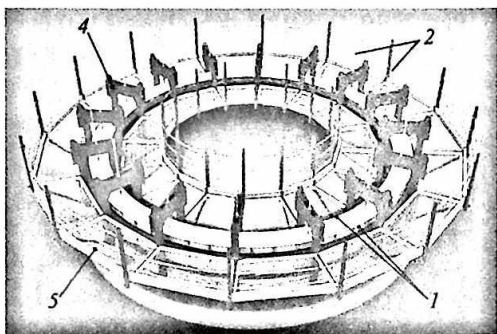
Скользкая опалубка состоит из щитов, закрепленных на домкратных рамах, рабочего пола, домкратов, приводных станций и других элементов. Щиты опалубки обычно имеют высоту 1,1...1,2 м и охватывают бетонируемое сооружение по наружному и внутреннему контурам. При круглом сечении сооружения скользкая опалубка состоит из двух концентрически расположенных стенок, прикрепленных к внутренним и наружным кружалам. Опалубка имеет конусность, облегчающую ее подъем, и обычно выполняется цельнометаллической, что придает ей большую жесткость и повышает оборачиваемость.

Поднимают опалубку с помощью домкратов, опирающихся на установленные внутри опалубки возводимого сооружения с шагом

1...2 м опорные (домкратные) стержни $\varnothing 22...28$ мм (рис. V-12, а, б). Стержни первоначально крепят на сварке к арматурным выпускам фундамента, по мере подъема их наращивают, стыкуя на резьбе и следя за тем, чтобы стыки соседних стержней были на разных отметках. Домкраты, поднимаясь по этим стержням, увлекают за собой опалубку. Для подъема чаще используют гидравлические домкраты, развивающие усилия от 55 до 300 кН и имеющие рабочий ход подъема 300 мм, реже – электромеханические домкраты. Бетон укладывается в опалубку слоями в 200 мм. Домкраты поднимают опалубку приблизительно на 25 мм за каждый проход, что в среднем составляет 300 мм/ч. В скользящей опалубке бетонирование практически всегда ведется непрерывно 24 ч в сутки.



а



б



в

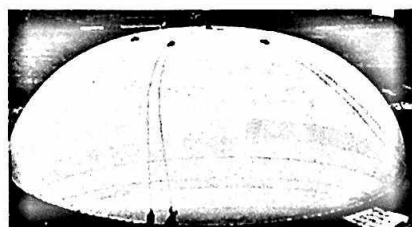
Рис. V-12. Скользящая опалубка (а) и пример ее применения при бетонировании конструкций (б, в) железобетонного резервуара:

1 – щиты опалубки; 2 – домкратный стержень; 3 – домкрат; 4 – домкратная рама; 5 – рабочие подмости

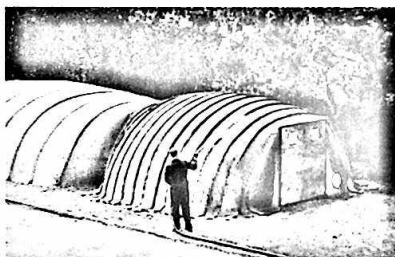
Скользящую опалубку применяют для бетонирования вертикальных элементов железобетонных зданий и сооружений относительно большой высоты и регулярного сечения.

Пневматическая опалубка имеет вид гибкой воздухопроницаемой оболочки, раскроенной в соответствии с типом сооружения. Ее устанавливают в рабочее положение и заполняют бетоном до создания внутри избыточного давления воздуха или газа и поднимают в рабочее положение уже после бетонирования. Применяют

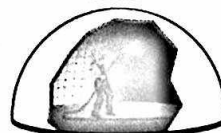
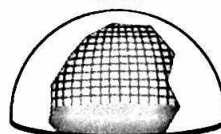
также пневматические баллоны, поддерживающие несущие элементы опалубки. Такую опалубку используют для бетонирования сооружений относительно небольшого объема криволинейных очертаний. Существует вариант применения пневматической опалубки с торкретированием бетонной смеси (см. п. 6.16.2) изнутри накачанной и проармированной оболочки (рис. V-13, в), а также снаружи оболочки, выполненной из прорезиненной оболочки, обложенной «бетонными холстами» и прошедшей стадию отверждения (рис. V-13, б).



а



б



в

Рис. V-13. Пневматическая опалубка:

а — устройство купольной конструкции; б — отверждение водой оболочки, обложенной бетонными холстами; в — схема устройства купольной конструкции с применением способа торкретирования изнутри

Термоактивная (греющая) опалубка – любая система опалубки с теплоизоляционным слоем и/или с установленными на ее поверхности нагревательными элементами для прогрева бетона.

Несъемная опалубка. Элементы несъемной опалубки остаются после бетонирования в составе конструкции и выполняют в ряде случаев функции утеплителя, гидроизоляции, облицовки. Для ее изготовления используют различные материалы: тканую сетку, металл, пластмассы, армоцемент, стеклоцемент, железобетон, пенополистирол, фибролит и т.п. (рис. V-14.)

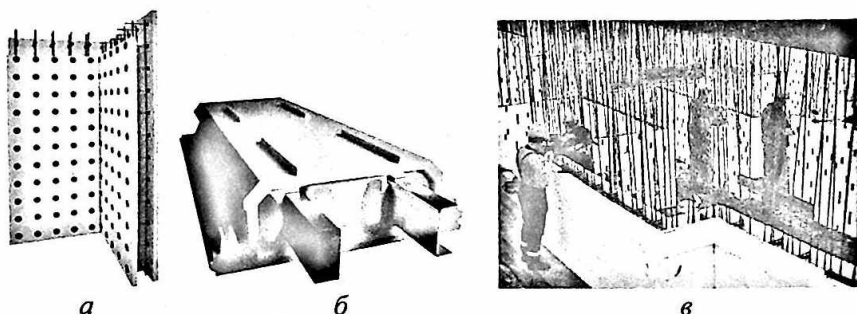


Рис. V-14. Различные варианты несъемной опалубки для стен и перекрытий на основе пенополистирола:

а – опалубка для несущих стен со встроенным арматурным каркасом; *б* – опалубка междуэтажных перекрытий; *в* – мелкоэлементная опалубка для несущих стен

Кессонная опалубка предназначена для формирования кессонных часторебристых перекрытий с применением оборачиваемых форм с определенным расстоянием между ребрами. Часторебристые перекрытия позволяют увеличивать пролет между опорными конструкциями, выдерживают повышенные нагрузки (рис. V-15).

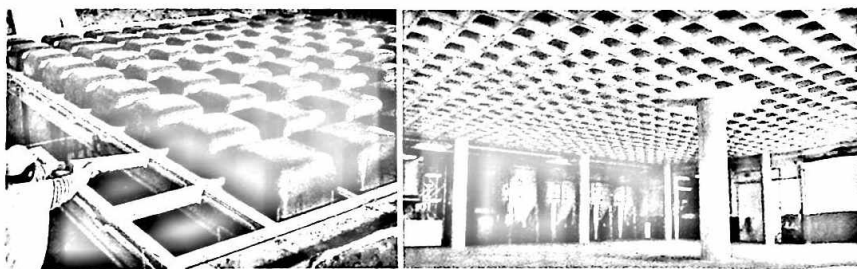


Рис. V-15. Кессонная съемная опалубка. Справа – часторебристое перекрытие, выполненное с помощью этой опалубки

4.2. Требования, предъявляемые к опалубке

Требования, предъявляемые к опалубке: прочность, надежность креплений, способность выдерживать нагрузки от давления бетонной смеси и действия уплотнителей (вибраторов, шупа, трамбовки), простота и точность подгонки элементов друг к другу для обеспечения ровности поверхностей бетонируемых конструкций. Класс точности смонтированной опалубки должен быть на один класс выше класса точности бетонируемых конструкций, а класс точности изготовления элементов опалубки должен назначаться на один класс выше класса точности монтажа. Класс точности бетонируемых конструкций назначают в проекте в соответствии с ГОСТ 21779-82 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски». Конструкция опалубки должна обеспечивать максимальное удобство и скорость проведения опалубочных и распалубочных работ. Все соединения опалубки рекомендуется выполнять быстроразъемными, но при этом они должны быть достаточно плотными и непроницаемыми. Вес и габариты отдельных элементов опалубочной конструкции должны быть приемлемыми для обеспечения их перевозки и установки.

Важным требованием к опалубке является равномерность деформации элементов одного функционального назначения (например, крупноразмерных щитов стен или перекрытий). При термообработке бетона в термоактивной опалубке нужно учитывать дополнительные нагрузки и деформацию опалубки при прогреве.

4.3. Технологическое проектирование опалубочных работ

Установка опалубки осуществляется в соответствии с опалубочными чертежами, разрабатываемыми на отдельные конструкции, захватки и участки бетонирования. Учитывается наличие опалубки и ее комплектующих, конструкции соединений и усиления элементов опалубки при сборке требуемых пространственных форм. При этом условия прочности, неизменяемости и устойчивости опалубки под действием бетонной смеси, технологических нагрузок и оборудования в период бетонирования и выдерживания конструкций должны быть проверены расчетом.

Составление опалубочных чертежей и спецификаций

Опалубочный чертеж включает следующие основные элементы:

- общие планы типового этажа с разметкой границ захваток и участков бетонирования вертикальных и горизонтальных конструкций с указанием мест устройства рабочих швов;
- план установки щитов или укрупненных панелей опалубки стен на этаже или отдельной захватке, наложенный на конту-

ры вертикальных конструкций, с маркировкой щитов или панелей и указанием мест или шага установки раскосов;

- план раскладки панелей опалубки перекрытий на этаже или отдельной захватке, выполненный на плане перекрытия;
- план раскладки балок опалубки перекрытия, соотнесенный с границами плит и контурами стен и колонн на захватке или этаже, с маркировкой балок и указанием шага установки главных и второстепенных балок;
- план расстановки стоек под главными балками (часто может быть совмещен с планом раскладки балок) с маркировкой стоек;
- разрезы, детали и узлы, иллюстрирующие конструктивные решения сборки опалубки в углах, некратных местах, местах расположения балок перекрытия, устройства рабочих швов, местах установки щитов по внешнему краю наружных стен, а также используемые нестандартные элементы с указанием основных размеров и текстовыми пояснениями, необходимыми для осуществления принятого решения.

Спецификации элементов опалубки составляют после раскладки и расстановки щитов, балок и стоек. В спецификации следует вносить следующие элементы:

- щиты или панели опалубки с указанием типоразмеров и количества;
- угловые щиты и элементы стеновой опалубки (тип, количество);
- накладные ригели, балки, шины (тип, примерное количество);
- раскосы опалубки стен (тип и количество);
- применяемые подмости и леса стеновой опалубки (тип и требуемое количество);
- балки опалубки перекрытий (тип и количество);
- стойки опалубки перекрытий (тип и количество);
- элементы ограждений опалубки перекрытий.

Дополнительно составляется спецификация нестандартных элементов опалубки, выполняемых на стройплощадке для заполнения некратных мест.

Для расчета потребности опалубки и разработки опалубочных чертежей применяются современные русифицированные программные комплексы, такие как EuroSchal («Евроопалубка»). Программа является универсальной и позволяет рассчитать составляющие комплекта практически любого производителя опалубки, таких как: Alphonse, Alpi, Baumann, Cometal, Cotup, Dalli, Doka, Fiedler, Haegeler, Huennebeck, Interfama, Ischebeck, Kern, Malthus, Meva, Noe, Outinord, Port, Paschal, Peri, Pulosio, Plettac, Reber, Ringer, Stange, Steidle, Wendler, FavoriteDak, Monolitbuild, Hipro, Oprus.

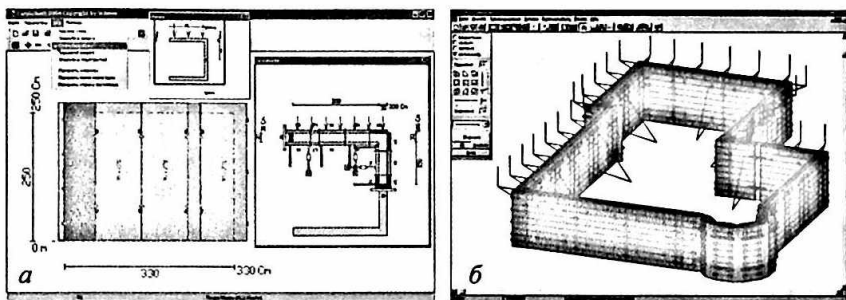


Рис. V-16. Рабочие окна программных комплексов:
 а – EuroSchal (Германия); б – ELPOS фирмы PERI

4.4. Современные опалубочные системы

При подборе опалубки важно знать, является ли она частью комплексной системы, т.е. можно ли из одних и тех же модулей создавать как вертикальные, так и горизонтальные конструкции различных форм и размеров. *Опалубочные системы* – это сложные многокомпонентные совместимые конструкции, которые требуют технического сопровождения, специального программного обеспечения, а также обучения персонала для работы с ними.

Основные особенности и преимущества опалубочных систем

- *Опалубочные системы должны соответствовать следующим параметрам:*
 - прочность, устойчивость к механическим повреждениям;
 - устойчивость к нагрузкам и прогибам;
 - обеспечение качественной поверхности бетона;
 - простота монтажа и демонтажа;
 - безопасность условий работы;
 - легкая транспортировка, хранение и перемещение на объекте и с объекта на объект;
 - надежность и долговечность, ремонтпригодность в условиях стройплощадки или мастерских.
- *Комплексность системы.* Широкая номенклатура изделий, входящих в опалубочную систему, позволяет создавать конструкции разных форм и размеров (горизонтальные и вертикальные) – начиная с мелких сооружений и вплоть до сложных промышленных комплексов.
- *Продуманность замков и элементов крепления.* Крепежные элементы должны обеспечивать быстрое и безопасное соединение элементов опалубки в горизонтальных и вертикальных

конструкциях. От них во многом зависит качество поверхности стен, перекрытий, колонн и т.п.

- *Наличие совместимого с AutoCAD программного обеспечения* позволяет на основании проектной документации планировать последовательность опалубочных работ, рассчитать необходимое количество транспортных единиц, составить точные спецификации элементов опалубки и смету затрат.
- *Предоставление технического сопровождения.*
- *Обучение персонала и шеф-монтаж.*
- *Возможность предварительной аренды.* Многие ведущие производители сдают в аренду опалубку или какие-то ее элементы. Это позволяет испытать новые системы или их элементы в построечных условиях перед их приобретением.
- *Возможность восстановительных ремонтов в заводских условиях:* эту услугу также предлагают ведущие фирмы-производители опалубочных систем.

Современные опалубочные системы можно классифицировать по различным критериям.

В зависимости от области применения – опалубки для стен, перекрытий, колонн, лифтовых шахт и др. Необходимо иметь в виду, что это достаточно условное деление, так как опалубочные системы для стен могут позволять изготавливать и колонны. Разработаны также и многофункциональные универсальные опалубки.

По конструктивным особенностям опалубки могут быть щитовыми и балочными. Разработаны также опалубочные системы для выполнения специальных задач: опалубка кольцевых стен с изменяемым радиусом; переставная опалубка; тоннельная опалубка; односторонняя опалубка и др.

Щитовая опалубочная система включает в себя каркасные щиты, подпорные элементы и детали крепежа (рис. V-17, а). Могут при необходимости использоваться угловые элементы (внешние и внутренние), а также подмости для бетонирования и леса. Основой щитовых опалубочных систем являются каркасные щиты. Они состоят из несущей металлической рамы (стальной или алюминиевой) с ребрами жесткости и опалубочной плиты. Рама из замкнутого полого профиля с фасонным гофром предохраняет торцы опалубочной плиты от повреждений и позволяет соединять элементы в любом месте. Металлические каркасы, выполненные из замкнутых профилей, лучше противостоят нагрузкам кручения и значительно упрощают и ускоряют установку и выравнивание модульных элементов.

Балочная опалубочная система включает в себя балки, элементы крепления, подпорные элементы, подмости для бетонирования,

леса и т.д. Основой таких опалубочных систем являются балки, представляющие собой конструкцию из древесины двутаврового сечения, способную выдерживать большую нагрузку. Детали из древесины могут быть цельными или клееными по длине и сечению. Для обеспечения долговечности на балки крепятся стальные или пластмассовые наконечники. Соединение балок между собой осуществляется с помощью стальных элементов крепления (рис. V-17, б). Трудоемкость монтажа балочных систем выше, чем щитовых. Это обусловлено большим количеством комплектующих. Но стоимость балочных системы ниже.

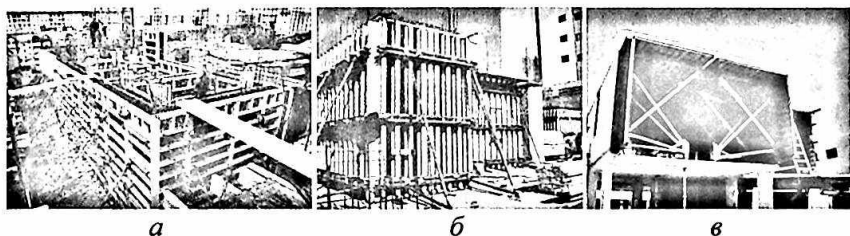


Рис. V-17. Опалубочные системы:

а – щитовая; *б* – балочная; *в* – «тоннельная» объемно-переставная (объемный блок из двух полусекций)

Объемно-переставная («тоннельная») опалубочная система. Основным элементом конструкции являются Г-образные полусекции, которые состоят из одной горизонтальной и одной вертикальной панелей. Полусекции объединяются в П-образный объемный блок (рис. V-17, в). «Тоннельная» опалубка предназначена для одновременного опалубливания стен и перекрытий типовых секций. Монтаж «тоннельной» опалубки осуществляется при помощи крана. На объекте требуется наличие достаточно больших площадей для складирования. Подобного типа опалубка применяется для серийного строительства зданий коридорного типа с одинаковыми помещениями (гостиницы, больницы и т.п.).

4.5. Производство опалубочных работ

Деревянную и фанерную опалубку и элементы поддерживающих их деревянных конструкций рационально изготавливать в деревообрабатывающих цехах. При малых объемах работ и отдаленности объектов от базовых предприятий деревянная опалубка может быть изготовлена в приобъектных опалубочных мастерских. Для ее правильной сборки и разборки она обязательно маркируется.

Опалубщики работают по опалубочному или установочному чертежу, состоящему из плана или разреза сооружения с нанесенными элементами железобетонной конструкции и элементами опалубки с присвоенными им марками. Сборка опалубки производится с применением шаблонов, кондукторов и других приспособлений, обеспечивающих точность работ при минимальных затратах труда.

Монтаж опалубочных систем. На строительный объект опалубочные системы доставляются в разобранном виде, что удобно для складирования и транспортировки. Монтаж современных опалубочных систем осуществляется рабочими вручную и при помощи строительного оборудования: кранов, подмостей, лесов, инструмента и оснастки (рис. V-18).

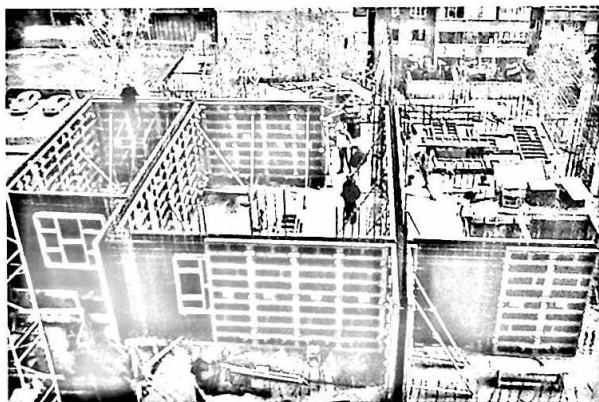


Рис. V-18. Монтаж крупнощитовой стеновой опалубки

В ряде случаев, например в центральных частях городов, при реконструкции, где нет возможности для размещения строительной техники, применяют специальные опалубочные системы, монтаж которых полностью производится вручную. В такой ситуации имеет большое значение вес опалубочных элементов, а значит, и применяемый для изготовления опалубки материал, и размеры элементов опалубки. Трудоемкость при проведении монтажных работ сказывается на общих сроках возведения конструкции.

Монтаж опалубочных систем обычно имеет свои особенности, которые связаны с видом возводимой конструкции (вертикальной или горизонтальной), местом установки и т.д.

Опалубку стен устанавливают в два этапа. Сначала монтируют арматурный каркас, затем – опалубку с одной стороны стены на всю высоту этажа и на последнем этапе работ – опалубку со второй сто-

роны. При приемке опалубки контролируют геометрические размеры, совпадение осей, вертикальность и горизонтальность опалубочных щитов, закладные детали, плотность стыков и швов.

Монтаж стеновой опалубки проходит через следующие этапы:

- очистка составляющих элементов;
- нанесение смазки на рабочую поверхность щитов;
- установка щитов или укрупненных элементов;
- соединение щитов или укрупненных элементов;
- установка стяжек¹;
- установка подкосов и выверка панелей в проектное положение;
- установка подмостей с ограждениями;
- оформление акта освидетельствования установленной опалубки и установленной арматуры монолитной конструкции.

И лишь после этого можно приступать к процессу бетонирования. При условии нормальной влажности и температуры наружного воздуха (до 20 °С) опалубочная система снимается через день-полтора.

Демонтаж опалубки производится в такой последовательности:

- освобождение стяжек;
- демонтаж подмостей;
- снятие подкосов, соединительных болтов;
- снятие опалубки;
- очистка опалубки.

Монолитное железобетонное перекрытие, как правило, проектируется с максимально возможными безопорными пролетами для получения больших архитектурных возможностей в планировках этажей. Именно большая площадь и масса материала перекрытия определяют основные требования, которым должна соответствовать опалубка для монолитного перекрытия: выдерживать значительный вес материала и обеспечивать отсутствие прогиба перекрытия; обеспечивать безопасные условия работы.

В качестве опорной части опалубки перекрытий могут использоваться телескопические стойки, которые иначе называют стойками-домкратами, дополнительные элементы – треноги и унивилки (рис. V-19). Оснащенная съемной треногой базовая часть позволяет устойчиво закреплять стойку в вертикальном положении на любой поверхности. Упор треноги на три точки повышает сопротивление нагрузкам, которые возникают, например, при подаче и укладке бетона.

¹ Две противостоящие опалубочные панели соединяются между собой системой горизонтальных винтовых стяжек, пропускаемых через тело будущей бетонной конструкции и устанавливаемых до бетонирования.

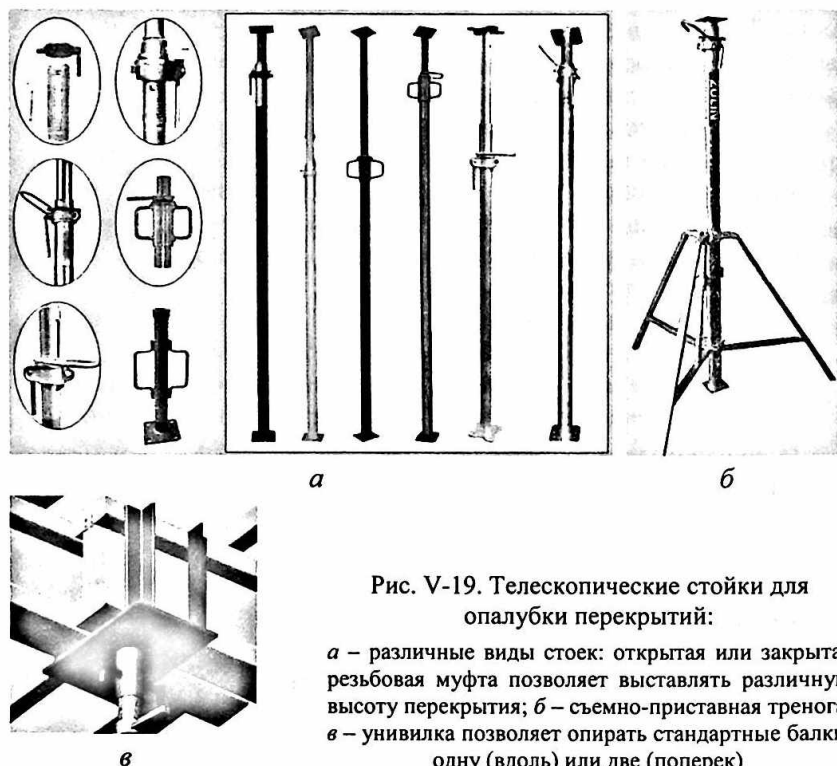


Рис. V-19. Телескопические стойки для опалубки перекрытий:

а – различные виды стоек: открытая или закрытая резьбовая муфта позволяет выставлять различную высоту перекрытия; *б* – съемно-приставная тренога; *в* – унивилка позволяет опирать стандартные балки: одну (вдоль) или две (поперек)

В связи с возрастающими объемами монолитного строительства с высотой этажа больше 4,8 м существует необходимость решения проблемы надежного и устойчивого опирания опалубки под такие перекрытия. В этом случае альтернативой телескопическим стойкам служат системы рамных опалубок, которые в основе своей объемной конструкции имеют систему взаимосвязанных элементов или использование конструкций с применением силовых лесов, в основном клинового типа.

Часть конструкции опалубки, распределяющую нагрузку от веса перекрытия, составляют балки из древесины или металла, которые являются каркасом горизонтальной опалубки. Формообразующая часть, которую еще называют палубой, выполняется из разных материалов, в том числе фанеры, пластика, OSB (англ. *oriented strand board* – ориентированная стружечная плита). Для получения качественной поверхности желательно применять ламинированные изделия, кроме того, материалы для опалубки перекрытий должны быть влагостойкими.

Опалубку перекрытий монтируют в следующем порядке: сначала устанавливаются стойки на треногах, поверх которых – опорные вил-

ки с балками. Затем на балки укладывается палуба (рис. V-20). В этом случае треноги выполняют функции элементов жесткости опалубки. При толщине перекрытия до 230 мм шаг установки стоек не должен превышать 2 м. При увеличении толщины до 280 мм расстояние уменьшается до 1,7 м. При более мощных перекрытиях (до 320 мм) стойки ставятся не реже чем через 1,5 м. Следует помнить, что перечисленные шаги стоек опалубки перекрытия являются максимально допустимыми, поэтому следует монтировать опоры несколько чаще.

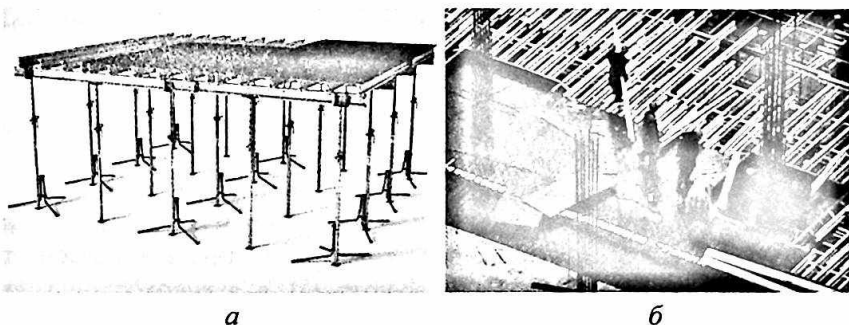


Рис. V-20. Балочная система опалубки перекрытий:
а – схема сборки; б – монтаж на строительной площадке

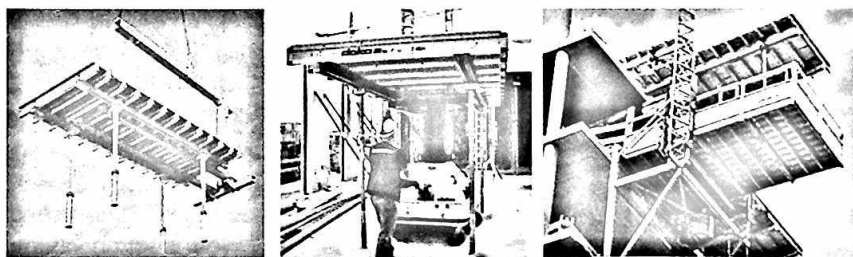


Рис. V-21. Опалубочный стол:

а – перемещение краном; б – на специальной тележке с подъемником в пределах этажа; в – с этажа на этаж с помощью специальной системы подъема столов

Опалубочные столы (рис. V-21) обеспечивают быстрое опалубливание перекрытий большой площади. Они представляют из себя жестко собранную и перемещаемую секцию, состоящую из 4 стоек, двух продольных металлических и поперечных стандартных балок и щитов палубы (см. рис. V-21). Система сокращает время опалубливания и распалубливания. Экономия достигается за счет сокращения продолжительности работ и кранового времени: с помощью специ-

ально приспособленных механизмов перемещение по горизонтали и вертикали выполняется всего одним человеком.

Безбалочная система опалубки для перекрытий состоит из стоек с «падающими» головками, которые удерживают щиты, соединенные друг с другом при помощи унифицированных вилок или ригелей с зубчатым профилем и металлических щитов двух-трех типов-размеров (рис. V-22). Она имеет ряд преимуществ:

- щиты отличаются большей долговечностью: выдерживают большое количество циклов применения без замены палубы, что обеспечивает стабильно высокое качество бетонной поверхности с минимальным количеством упорядоченных швов и равномерной фактурой бетона;
- не требуется рассчитывать размеры элементов или выполнять какие-либо измерения благодаря заданному расположению и количеству стоек и щитов;
- опалубочные работы выполняются звеном из двух человек и состоят из логично взаимосвязанных операций, что исключает простои.



а



б

Рис. V-22. Безбалочная система опалубки для перекрытий:

а – стоечно-щитовая; б – стоечно-ригельно-щитовая

Все щиты опалубки в этих системах весят не более 20 кг, благодаря чему элементы переносятся вручную, что заметно сокращает сроки монтажа.

По достижении распалубочной прочности начинается частичный или полный демонтаж опалубки перекрытий. Этот процесс занимает примерно треть всего времени опалубочных работ.

Увеличить срок службы опалубки, а также улучшить качество наружного слоя бетона позволяют услуги, которые предлагают

ведущие фирмы-производители опалубок, — это очистка и восстановление опалубок. Очистка производится в заводских условиях на промышленных установках (рис. V-23). Чистить опалубки особенно важно после завершения больших объемов работ.

Так как элементы опалубки изготавливаются из разных материалов, то и срок их службы различен. Покрытие опалубок изнашивается быстрее, чем рама, во многих случаях его выгоднее восстановить, чем покупать новое. Полный ремонт обычно обходится в 1/3 стоимости нового элемента. При необходимости элементы можно технически усовершенствовать.

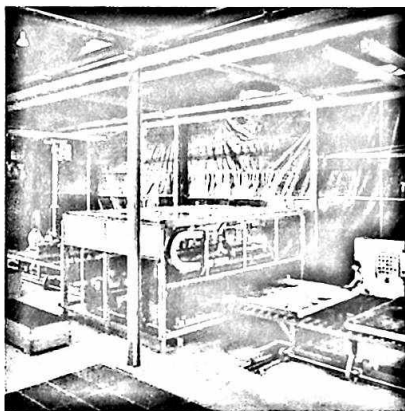


Рис. V-23. Промышленная установка для очистки элементов опалубки с регулируемой скоростью и силой нажима щеток

4.6. Выбор опалубочных систем

На российском рынке опалубочные системы представлены в основном зарубежными фирмами, имеющими многолетний опыт разработки и производства подобных изделий. Выпускаемые ими элементы опалубки и крепежа постоянно совершенствуются, разрабатываются новые конструктивные решения, применяются современные материалы. Большинство из этих разработок предлагается и на российском рынке. Те западные фирмы, которые заинтересованы в долгосрочном сотрудничестве с российскими партнерами, открывают в России представительства или создают свои производства. Как отмечалось выше, элементы опалубок нуждаются в периодическом ремонте, и эту услугу также предлагают ведущие фирмы-производители опалубочных систем.

Отечественные предприятия также разрабатывают современные конструкции опалубок, но номенклатура предлагаемых ими изделий пока уступает западным аналогам, еще не накоплен достаточный опыт апробации на практике конструктивных решений и узлов, которым могут гордиться западные производители. Но следует отметить положительные тенденции в улучшении качества российских опалубочных систем, к тому же западные опалубки проигрывают российским в показателях стоимости покупки и аренды.

Таблица V-4

Ведущие отечественные и зарубежные производители опалубки

ООО «Фаворит» http://favorit-opalubka.ru		PERI - Trio (Германия), http://www.peri.de	
«Главмосстрой» www.glavmosstroy.ru		DOKA - Framax (Австрия), http://www.doka.com	
«Коммерцстрой» http://www.kommerzstroy.ru		Aluma Systems (Канада), http://www.aluma.com	
ГК «Крамос» http://www.kramos.ru		DALLI (Германия), http://www.dalli.de	
«Моспромстройматериалы» http://mpsm.fis.ru		FAREZIN (Италия), http://www.faresinbuilding.it	
ООО «ДВК» http://www.pekomo.ru		MEVA – Mammut (Германия), http://www.mevaformwork.com	
«Росмонолит» http://rosmonolit.com		NOE-Schaltechnik (Германия), http://www.noe.de	
ООО «СТАЛФОРМ Инжиниринг» http://www.stalform.ru		THYSSEN HUNNEBECK (Германия), http://www.export.huenebeck-group.com	
Холдинг «РосПромСтрой» http://www.rospromstroy.ru		SGB (Англия), http://www.sgb.co.uk	
Компания «Группа Стандарт» http://www.opalubka-monolit.ru		Outinord (Франция) http://www.outinord.com	

5. Армирование конструкций

5.1. Назначение и виды арматуры

Арматура – стальные или композитные стержни, прокатные профили и проволока, расположенные в бетоне для совместной работы с ним.

Сборно-монолитные и монолитные ненапрягаемые конструкции армируют укрупненными монтажными элементами в виде сварных сеток, плоских и пространственных каркасов, которые изготавливают на заводах или в приобъектных арматурных мастерских и устанавливают в проектное положение монтажными кранами. Иногда сложные конструкции армируют непосредственно в проектом положении из отдельных стержней или элементов каркаса с соединением их в законченный арматурный каркас сваркой или вязкой.

Арматуру подразделяют по ее назначению в конструкции на рабочую, распределительную и монтажную.

Рабочая арматура воспринимает растягивающие усилия, возникающие в железобетонных конструкциях от внешних нагрузок и собственной массы.

В зависимости от ориентации в железобетонной конструкции рабочая арматура может быть продольной или поперечной.

Продольная рабочая арматура воспринимает усилия растяжения или сжатия, действующие по продольной оси элемента. Например, в изображенной на рис. V-24 балке, опирающейся по концам, продольная рабочая арматура выполнена из стержней 1 и 2, которые сопротивляются растягивающим усилиям в нижней зоне конструкции. Для восприятия усилий, действующих при изгибе под углом 45° к продольной оси балки, стержни 2 отгибают. В колоннах продольную арматуру устанавливают для повышения сопротивляемости усилиям сжатия.

Поперечная арматура воспринимает усилия, действующие поперек оси балки. Такую арматуру выполняют в виде хомутов либо расположенных поперечно отрезков стержней в сварных каркасах и сетках (рис. V-24, 4).

Распределительная (конструктивная) арматура обеспечивает цельность конструкции, учитываемой при расчете прочности, а также в распределении действия сосредоточенных сил или ударной нагрузки на большую площадь. Стержни рабочей и распределительной арматуры сваривают либо связывают в единый пространственный каркас или плоские сетки (рис. V-24, 5). Иногда распределительную арматуру используют для того, чтобы придать арматурному каркасу необходимую жесткость.

Распределительная арматура служит для:

- равномерного распределения нагрузок между рабочими стержнями;
- обеспечения их совместной работы;
- связи рабочих стержней между собой, препятствуя смещению рабочей арматуры при бетонировании.

Монтажная арматура обеспечивает точное положение рабочих стержней, плоских арматурных сеток и элементов в опалубке, служит для восприятия таких усилий, на которые конструкцию не рассчитывают, в частности усилия от усадки бетона, температурных деформаций. Монтажную арматуру обязательно устанавливают в местах резкого изменения сечения конструкций, там, где происходит концентрация напряжений. Монтажная арматура необходима для создания из рабочих и конструктивных стержней жесткого транспортабельного каркаса. Рабочая и конструктивная арматура одновременно могут выполнять функции монтажной (рис. V-24, 3).

По способу изготовления стальную арматуру железобетонных конструкций подразделяют на горячекатаную стержневую, холодно-тянутую проволочную и проволочную обыкновенную катаную.

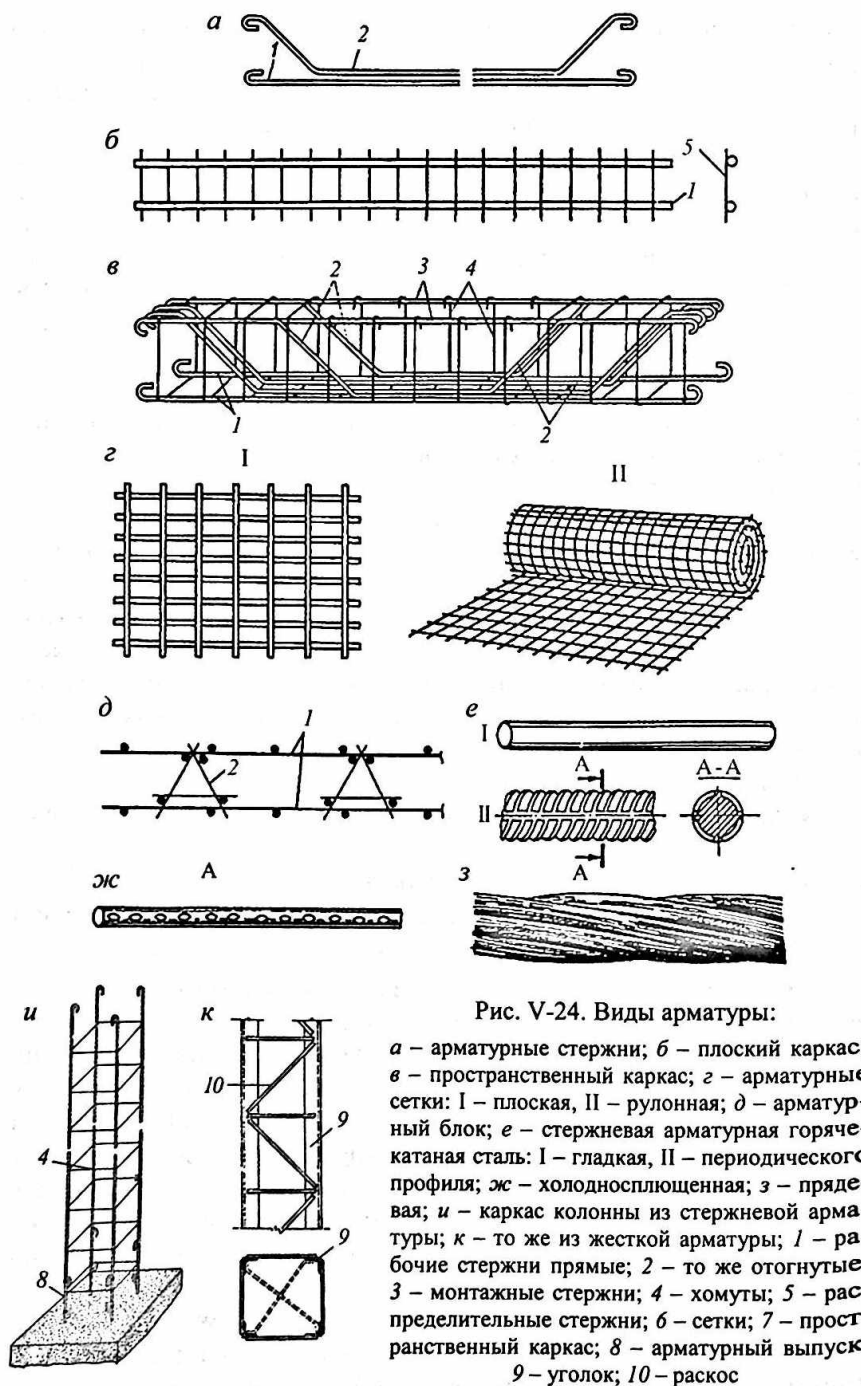


Рис. V-24. Виды арматуры:

а – арматурные стержни; б – плоский каркас; в – пространственный каркас; г – арматурные сетки: I – плоская, II – рулонная; д – арматурный блок; е – стержневая арматурная горячекатаная сталь: I – гладкая, II – периодического профиля; жс – холодносплюснутая; з – прядевая; и – каркас колонны из стержневой арматуры; к – то же из жесткой арматуры; 1 – рабочие стержни прямые; 2 – то же отогнутые; 3 – монтажные стержни; 4 – хомуты; 5 – распределительные стержни; 6 – сетки; 7 – пространственный каркас; 8 – арматурный выпуск; 9 – уголок; 10 – раскос

Стержневую арматуру для железобетонных конструкций изготавливают следующих видов: горячекатаную – диаметром 6...80 мм; термически или термомеханически упрочненную – диаметром 6...40 мм; упрочненную вытяжкой – диаметром 20...40 мм.

Наиболее применимой в современном строительстве является арматура периодического профиля, обладающая надежной анкеровой и повышенным сцеплением с бетоном. При использовании стержней из гладкой арматуры для их лучшего закрепления в бетоне концы стержней, работающих на растяжение, делают загнутыми в виде крюков (рис. V-24, в).

В гражданском строительстве обычно применяют арматурные стержни диаметром 12...30 мм, в промышленном – арматуру диаметром до 40 мм, в гидротехническом – стержни диаметром 90 мм и более. В качестве арматуры иногда применяют прокатные профили.

К арматурным изделиям относят отдельные стержни (стержневая арматура), стальные канаты (прядевая арматура), арматурные сетки, плоские и пространственные арматурные каркасы, арматурные изделия для предварительно напряженных конструкций, закладные детали, монтажные петли и хомуты.

Стержневую арматуру изготавливают гладкого (из-за малой эффективности ее применение сокращается) и периодического профиля с расположением выступов по винтовой линии или елочкой (рис. V-24, е; рис. V-25). Стальную арматуру подразделяют в зависимости от технологии изготовления на горячекатаную (делится на пять классов от А-I до А-VI по старому обозначению; по новому обозначению А240 (А-I), А300 (А-III), А400 (А-IV), А800 (А-V), А1000 (А-VI)) и горячекатаную с последующим упрочнением вытяжкой в холодном состоянии, она имеет два класса – А-IIв и А-IIIв (что соответствует классам термического и термомеханического упрочнения Ат400 и Ат500).

Кроме стальной арматуры в последнее десятилетие получила распространение неметаллическая **композитная арматура**, основой которой являются стеклянные, углеродные, базальтовые, борные и другие виды волокон (см. рис. V-25). Связующее вещество склеивает волокна в монолитный стержень, работающий как единый элемент, защищенный от механических повреждений, влаги и химической агрессии. В основном используется стеклопластиковая и базальтопластиковая арматура, применяемая в предварительно напряженных конструкциях взамен высокопрочной проволоки и канатов, при перевязке облицовочной кладки с ограждающими конструкциями и в качестве армирующих сеток.

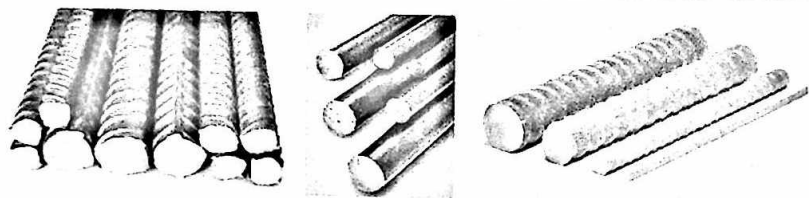


Рис. V-25. Арматурные стержни:

а — периодического и б — гладкого сечения стальные; в — композитные из стекловолокна

Сварные арматурные сетки состоят из отдельных проволок диаметром от 3 до 9 мм и стержней диаметром 10 мм, расположенных в двух взаимно перпендикулярных направлениях и соединенных в местах пересечения контактной точечной сваркой. Их выпускают с продольной, поперечной и взаимно перпендикулярной рабочей арматурой. Основное назначение арматурных сеток — объединять рабочую и распределительную арматуру. Эти сетки применяют при необходимости обеспечить конструкцию минимальным нерасчетным армированием. Расстояние между отдельными стержнями — от 50 до 250 мм, образующиеся между стержнями и проволоками ячейки обычно имеют размер от 50×100 до 150×250 мм. Общая ширина сеток по осям крайних стержней обычно от 900 до 3500 мм (с тем расчетом, что сетка должна при транспортировании укладываться между продольными бортами грузового автомобиля).

Плоские рабочие сетки выпускают шириной до 2,5 м, длиной до 9,0 м, иногда до 12,0 м. Продольные рабочие стержни имеют диаметр 12...25 мм при шаге 200 мм, монтажная арматура обычно диаметром от 8 до 12 мм при максимальном шаге до 600 мм. При необходимости сетки на заводах могут быть подвергнуты дополнительной обработке — вырезанию в них отверстий, приварке дополнительных стержней и гнутью.

Сетки в виде рулонов имеют широкую номенклатуру по применяемой стали, диаметрам стержней, размерам ячеек и ширине рулонов. Длина сеток не нормируется, но масса отдельного рулона не должна превышать 1200 кг. Их применяют для армирования стен, кладок и стяжек. Арматурная дорожная сетка применяется для армирования бетонных подготовок и дорожных покрытий.

Плоские стальные каркасы обычно состоят из продольной арматуры, образующей один или два пояса и соединяющей их решетки в виде отдельных поперечных или непрерывных (в виде змейки) стержней. Большое количество поперечных стержней в каркасах,

соединенных с рабочими стержнями точечной сваркой, создает надежную анкеровку в бетоне продольных стержней по всей их длине и позволяет отказаться от загибания крюков даже при использовании гладкой арматуры. Рабочая арматура унифицированных каркасов принимается диаметром от 10 до 30 мм, а соединительная – диаметром не менее 10 мм (при сварке возможен пережог стержней меньшего диаметра). Применяют каркасы для армирования линейных конструкций – балок, прогонов, ригелей, пустотных настилов перекрытий.

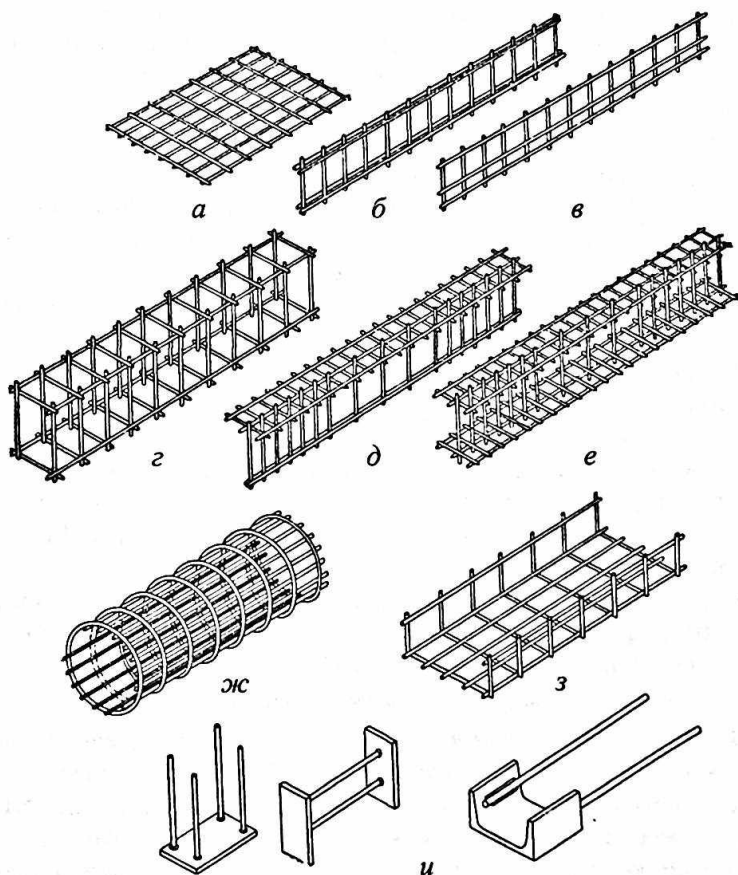


Рис. V-26. Виды арматурных сеток и каркасов:

а – плоская рабочая сетка; *б, в* – плоские каркасы; *г* – пространственный каркас прямоугольного сечения; *д* – пространственный каркас таврового сечения; *е* – пространственный каркас двутаврового сечения; *ж* – каркас круглого сечения; *з* – П-образный гнутый каркас; *и* – закладные детали

Пространственные арматурные каркасы состоят из двух или четырех плоских каркасов, соединенных между собой отдельными стержнями или хомутами. Такие каркасы применяют для армирования колонн, балок, ригелей и фундаментов. Иногда используют арматурные несущие каркасы, которые вместе с опалубкой называют *арматурно-опалубочными блоками*. Обычно такое решение принимают при необходимости возвести одиночную конструкцию пролетом в пределах до 9 м. В этом случае для армирования применяют прокатные профили в основном в виде уголков, полосовой и квадратной стали, что позволяет при некотором перерасходе на армирование обойтись без специальных лесов, стоек, поддерживающих опалубочный блок, уменьшить расход вспомогательных материалов, значительно сократить трудозатраты и сроки производства работ.

Монтажные петли, выполненные из арматуры, являются элементом сборных железобетонных конструкций и предназначены для их строповки при подъеме и установке.

Закладные детали – металлические пластины, присоединяемые к арматурному каркасу конструкции на сварке, необходимы для соединения сборных элементов между собой при возведении зданий и сооружений; стыковку элементов осуществляют сваркой закладных деталей, заделанных в конструкции при их изготовлении.

Хомуты – гнутые элементы из арматуры, которые служат для фиксации и соединения отдельных рабочих и монтажных стержней в готовый пространственный каркас.

Проволочную арматуру подразделяют на несколько типов:

- арматурная проволока низкоуглеродистая общего применения класса В-I и высокопрочная углеродистая класса В-II (для напряженной арматуры);
- проволочные пряди из трех-, семи- и многопроволочных прядей с правой свивкой, причем при перерезании пряди проволоки не должны раскручиваться;
- проволочные высокопрочные канаты.

В качестве напрягаемой арматуры для предварительно напряженных конструкций применяют арматурную сталь с более высокими механическими характеристиками, что позволяет экономить арматуру, уменьшить сечение и вес конструкции. Поэтому предварительно напряженные конструкции армируют, как правило, высокопрочной арматурной сталью и изделиями из нее следующих видов: горячекатаная сталь периодического профиля класса А400С, упрочненная вытяжкой; горячекатаная сталь периодического профиля классов Ат500 и Ат600, термически упрочненная; горячекатаная сталь периодического профиля классов А400 и А500; высокопрочная арма-

турная проволока, гладкая и периодического профиля классов Вр-2 и Вр-2; проволоочные пряди; проволоочные канаты; пучки и пакеты из высокопрочной проволоки. Для предварительно напряженных конструкций очень важно обеспечение надежного сцепления поверхности арматуры с окружающим бетоном. Этим объясняется применение в качестве напрягаемой арматуры прядей и канатов со сложной формой поверхности (рис. V-27).

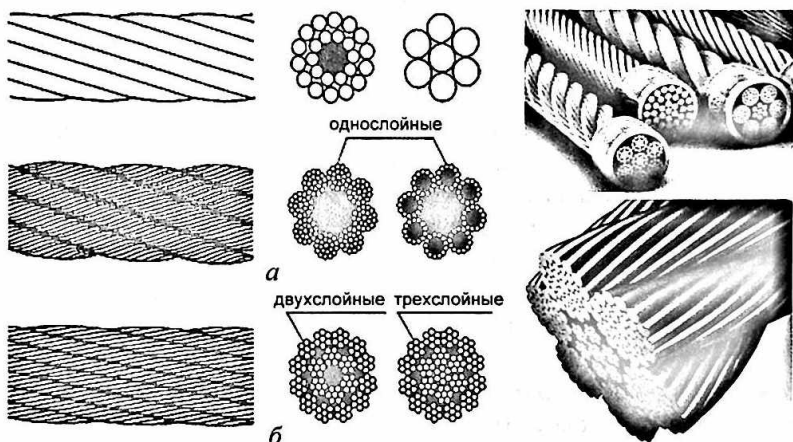


Рис. V-27. Прядевая канатная арматура для предварительно напряженных конструкций одинарной (а) и двойной (б) свивки

5.2. Состав арматурных работ

Арматурные работы включают в себя следующие процессы:

- централизованная заготовка арматурных элементов;
- транспортирование арматуры на строительную площадку, сортировка и складирование;
- укрупнительная сборка арматурных элементов, изготовление арматурных изделий;
- установка в опалубку стержней, сеток, плоских, пространственных и несущих арматурных каркасов;
- соединение отдельных монтажных единиц в единую армоконструкцию;
- раскрепление армоконструкции, гарантирующее обеспечение надлежащего защитного слоя при бетонировании.

Все процессы армирования железобетонных конструкций можно объединить в две группы: предварительное изготовление арматурных элементов и установка их в проектное положение.

5.3. Изготовление арматурных изделий

Арматурные изделия изготавливают централизованно на арматурно-сварочных заводах, в арматурных цехах и в приобъектных мастерских.

Проволока диаметром до 10 мм и сталь периодического профиля диаметром до 9 мм выпускаются промышленностью *в бухтах*, а сталь больших диаметров – *прутьями* длиной от 4 до 12 м, объединенными в пакеты до 10 т. Готовые сетки для заготовки каркасов выпускаются плоскими или в рулонах.

Складируют арматурную сталь отдельно на стеллажах по маркам, диаметрам и длине стержней. Хранят в закрытом помещении или под навесом, запрещено класть арматуру на земляной пол.

Процесс изготовления ненапрягаемой арматуры состоит из отдельных технологических операций, которые объединены в следующие технологические группы:

- **заготовительные операции** включают: очистку и выпрямление стержней; соединение стержней в непрерывную плетть посредством стыковой сварки; разметку и резку на стержни требуемой длины;
- **сварочные операции**, выполняемые контактной точечной сваркой для плоских сеток и каркасов на одно- и многоэлектродных машинах, а также стыковой и дуговой сваркой;
- **сборочные операции**, включающие установку и приварку закладных деталей, отдельных криволинейных и изогнутых стержней, резку листовой и профильной стали, укрупнительную сборку пространственных каркасов из плоских каркасов и сеток.

5.4. Соединение арматурных элементов

Установку арматуры и арматурных изделий осуществляют машинами и механизмами, используемыми на строительной площадке. В отдельных случаях и в неудобных для применения механизмов местах производят ручную укладку и вязку арматуры.

Основные способы соединения арматурных стержней между собой – укладка внахлест, сварка, механическое соединение на муфтах. Соединение внахлест без сварки используют при армировании конструкций сварными сетками или плоскими каркасами с односторонним расположением рабочих стержней арматуры и при диаметре арматуры не выше 32 мм. При этом способе стыкования арматуры величина перепуска (нахлеста) зависит от характера работы элемента, расположения стыка в сечении элемента, класса прочности бетона и класса арматурной стали.

При стыковании на сварке сеток из круглых гладких стержней в пределах стыка следует располагать не менее двух поперечных стержней. При стыковании сеток из стержней периодического профиля приваривать поперечные стержни в пределах стыка не обязательно, но длина нахлеста в этом случае должна быть увеличена не менее чем на пять диаметров свариваемой арматуры. Стыки стержней в нерабочем направлении (поперечные монтажные стержни) выполняют с перепуском в 50 мм при диаметре распределительных стержней до 4 мм и 100 мм – при диаметре более 4 мм. При диаметре рабочей арматуры 26 мм и более сварные сетки в нерабочем направлении рекомендуется укладывать впритык друг к другу с перекрытием стыка специальными стыковыми сетками с перепуском в каждую сторону не менее 15 диаметров распределительной арматуры, но не менее 100 мм.

Контактная сварка. Контактная сварка бывает двух видов:

- точечная контактная сварка, применяемая для соединения пересекающихся стержней в сетках и каркасах;
- стыковая контактная сварка, используемая для соединения стержней между собой, когда требуется увеличение их длины, а также для сращивания обрезков и стержней между собой.

Точечная контактная сварка. Два (или более) стержня в месте их пересечения зажимают между электродами сварочной машины. При пропускании тока под действием выделяемой теплоты металл стержней в точке контакта накаляется, размягчается и под действием сдавливающего усилия стержни прочно соединяются между собой (рис. V-28, б).

Стержни, покрытые коррозией и окалиной, предварительно очищают в месте контакта или используют двухимпульсную сварку – при первом импульсе происходит пробой окалины, при втором – сварка стержней.

Достоинства точечной контактной сварки – высокая производительность, небольшой расход энергии при использовании токов большой силы в течение малого отрезка времени, возможность механизации и автоматизации процесса, отсутствие расхода металла на электроды. Сборку, а затем и сварку стыкуемых элементов осуществляют с применением кондукторов, которые обеспечивают точность геометрических размеров и взаимное расположение стыкуемых стержней.

Контактная стыковая сварка производится методами непрерывного и прерывистого оплавления.

Сварка методом непрерывного оплавления отличается тем, что два свариваемых стержня, подключенных к электрической цепи, начинают медленно сближаться до соприкосновения и одновременного замыкания цепи тока. Начавшееся при включении цепи оплавление

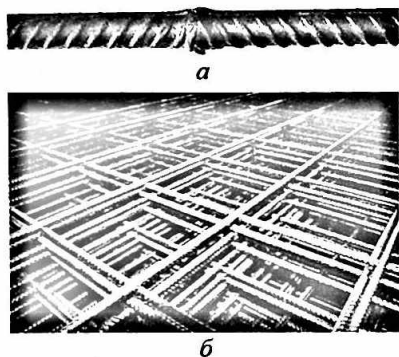


Рис. V-28. Контактная сварка арматуры:

а – стыковая; *б* – точечная

металла увеличивается при сближении стержней и завершается сильным сжатием оплавившихся концов. Когда сжатие (осадка) достигает необходимой величины, ток отключают, и сваренные стержни освобождают от зажимов машины. Преимущество сварки в том, что сварной шов (рис. V-28, *а*) может быть расположен в любом месте арматурного каркаса или несущей конструкции.

Сварка методом прерывистого оплавления. В результате сближения-разъединения стержней (одновременно замыкания и

размыкания электрической цепи), количество которых колеблется от 3 до 20, концы стержней предварительно нагреваются и частично оплавляются. Стержни большого диаметра, таким образом, нагревают до красного или светло-красного каления, затем соединяют их под давлением. Предварительный прогрев повышает температуру свариваемых стержней и тем самым понижает мощность, необходимую для сварки: разогретые стержни, зажатые губками сварочной машины, соединяют по всей поверхности их торцов и сжимают.

Достоинства стыковой контактной сварки – высокое качество стыков соединяемых элементов, минимальные затраты электродов и других вспомогательных материалов, возможность механизации и автоматизации процесса сварки, высокая производительность труда.

Дуговая электросварка. Дуговая сварка, т.е. сварка с помощью электрической дуги, которая горит в атмосфере между концом металлического электрода и свариваемой деталью, наиболее распространена в строительстве.

Дуговая электросварка может выполняться как с помощью переменного, так и постоянного тока. Сварка на переменном токе по сравнению с другими видами наиболее экономична. Дуга представляет собой электрический разряд в газовом пространстве, длящийся продолжительное время, выделяющий большое количество световой и тепловой энергии. Нужная тепловая мощность легко регулируется изменением силы тока. Минимальное напряжение, необходимое для возбуждения дуги, составляет при постоянном токе 30...35 В, а при переменном – 40...50 В.

Электроды, которые применяют для сварочных работ, имеют специальное покрытие, которое при сварке испаряется, образуя пары легко ионизируются и таким образом повышают устойчивость дуги. Образующаяся дуга расплавляет стержень электрода и частично свариваемые детали, металл которых соединяется с металлом электрода (рис. V-29, а). Температура у конца металлического электрода достигает 2100°C , у свариваемых элементов – 2300°C , в центре дугового столба – около $5000...6000^{\circ}\text{C}$.

Длина дуги оказывает свое воздействие на качество шва. Чем дуга длиннее, тем большее расстояние проходит расплавленный металл от электрода до шва и, поглощая из воздуха кислород и азот, ухудшает свои механические свойства.

Достоинства дуговой сварки – универсальность, возможность применения в любой точке сложного арматурного каркаса и достижения требуемой прочности сварного шва. Недостатки дуговой сварки – дополнительный расход металла на электроды, низкая производительность труда, требуется более высокая квалификация сварщиков. Обычно сваривают стержни диаметром 10 мм и более, так как при меньших диаметрах стержней возможен их пережог.

Из существующих способов дуговой сварки наиболее часто встречаются следующие: внахлест, с накладками и ванная.

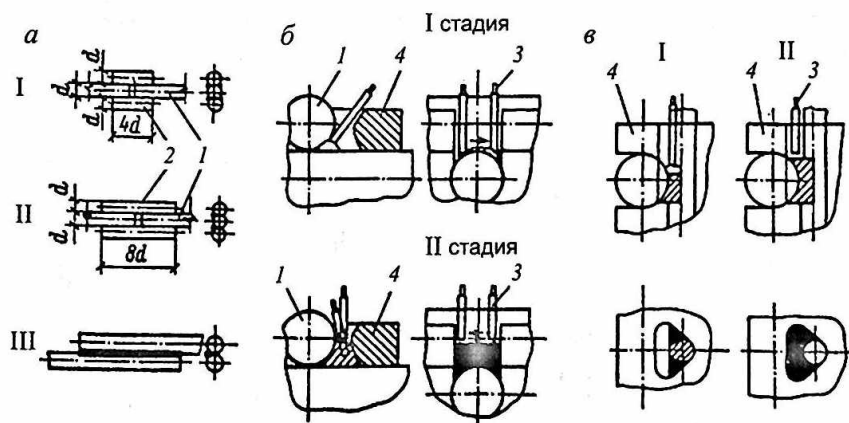


Рис. V-29 (начало). Способы соединения арматурных стержней:

а – стыковка стержней ручной электродуговой сваркой (I – с накладками и двусторонними швами; II – то же с односторонними швами; III – внахлест); б – дуговая сварка с принудительным формированием шва крестообразных горизонтальных соединений стержней; в – то же горизонтального с вертикальным (I – в начале сваривания; II – то же в конце); 1 – соединяемые стержни; 2 – круглые накладки;

3 – электроды; 4 – инвентарные (медные или графитовые) формы

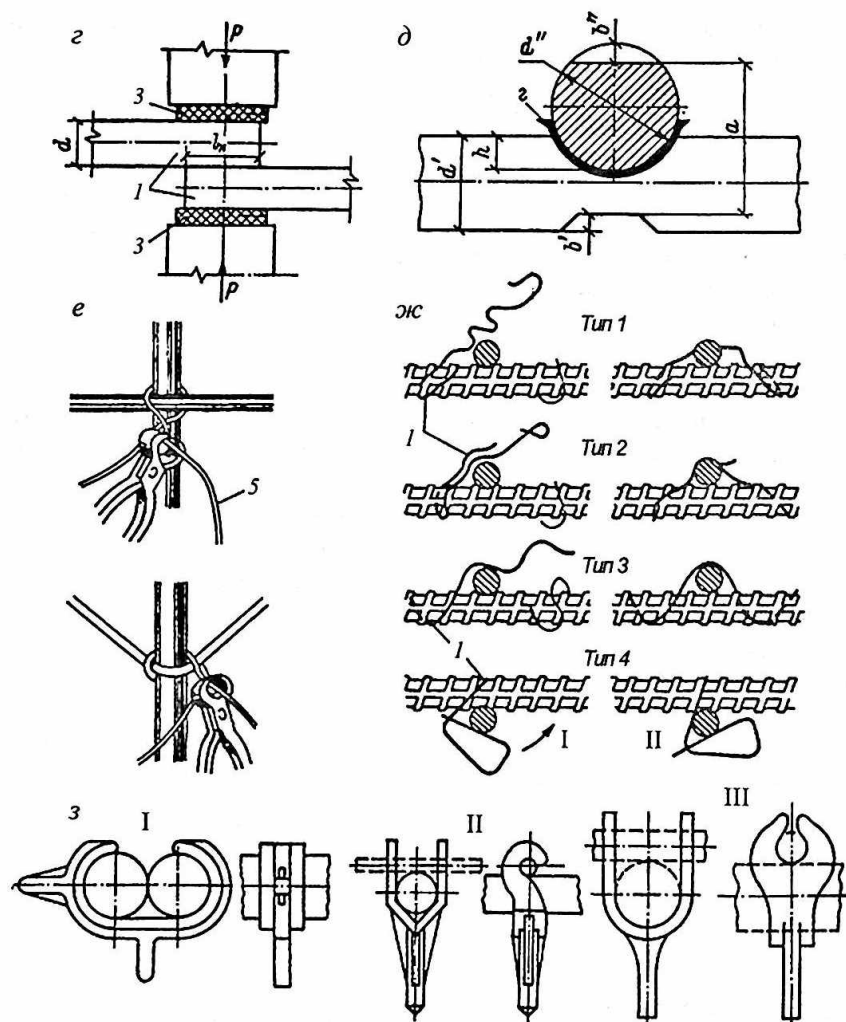


Рис. V-29 (окончание). Способы соединения арматурных стержней:

з – контактная точечная сварка при соединении стержней внахлест; д – то же при крестообразном соединении; е – вязка проволокой пересечений стержней; 1 – соединяемые стержни; 2 – круглые накладки; 3 – электроды; 4 – инвентарные (медные или графитовые) формы; 5 – вязальная проволока; жс – соединение стержней в пересечениях пружинными фиксаторами (I – заводка фиксатора; II – фиксатор в рабочем положении; I – пружинные фиксаторы); з – пластмассовые фиксаторы (I – соединение параллельных стержней; II, III – то же пересекающихся стержней). Условные обозначения: h – величина осадка стержней; a – толщина соединения; b' и b'' – вмятины соответственно нижнего и верхнего стержней; z – грат; d' и d'' – диаметры соответственно нижнего и верхнего свариваемых стержней; l_n – длина нахлеста

Сварка арматуры протяженными швами накладками или внахлест используется для соединения горизонтально и вертикально расположенных стержней. Возможен вариант и с применением электродуговых точек для стержней диаметром 8...20 мм и вариант с двухсторонним и односторонним фланговым швом. Общая длина швов не должна быть меньше 10 диаметров арматуры периодического профиля. Высота сварного шва принимается не менее 4, ширина не менее 10 мм. Если катет шва превышает 8 мм, его выполняют в два или три слоя. В два слоя сваривают стыки стержней арматуры из легированной стали. В процессе сварки двухсторонними швами во время наложения второго шва с другой стороны соединения иногда возникают горячие продольные трещины. Для предупреждения их появления необходимо тщательно подбирать тип электродов и строго выдерживать технологический режим сварки.

Сущность **ванного способа сварки** заключается в том, что электрическую дугу возбуждают между торцами свариваемых стержней при помощи электродов (рис. V-30). Выделяемая теплота расплавляет металл с торцов стержней и с электрода, в результате чего создается ванна расплавленного металла. Зазор между стержнями принимается равным $1,5...2$ диаметра электрода с покрытием. Для образования ванны используют инвентарные медные формы и стальные скобы-подкладки. Способ имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами дуговой сварки – уменьшается расход металла на стык, снижается расход электродов и электроэнергии, а также трудоемкость и себестоимость. Ванная сварка применима для стержней диаметром от 20 до 80 мм.

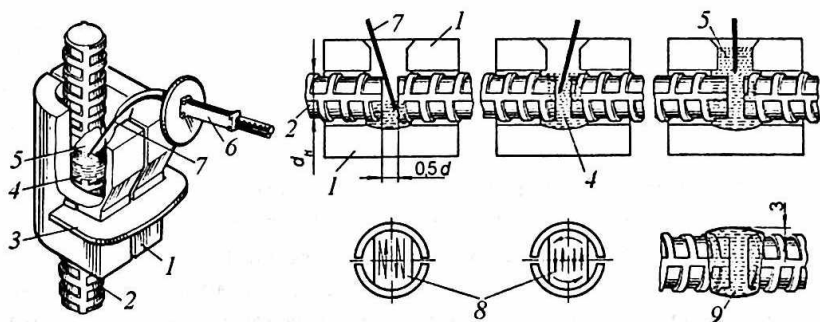


Рис. V-30. Полуавтоматическая ванная сварка арматурных стыков:

а – вертикального; *б* – горизонтального; *1* – полуформы; *2* – стержни арматуры; *3* – скобы; *4* – расплав металла; *5* – шлаковая ванна; *6* – держатель; *7* – электродная проволока; *8* – направления движения сварочной проволоки; *9* – стык

Соединения арматуры на резьбовых муфтах с конической резьбой – механические соединения, предназначенные для продольного стыкования стержневой арматуры периодического профиля диаметром от 12 до 40 мм классов А500С и А400 (А-III). Механические соединения такого типа обеспечивают равнопрочные стыки как в соединениях арматуры одного диаметра, так в соединениях стержней разного диаметра. Соединения осуществляются на специальном оборудовании посредством нарезки конической резьбы на концах арматурных стержней и их объединения с помощью готовых муфт, имеющих соответствующую стержням резьбу (рис. V-31, а). Услуги по нарезке резьбы на концах стержней предоставляются некоторыми производителями арматуры. Можно воспользоваться компактными резьбонарезными устройствами и установить их в арматурных мастерских или на самой стройплощадке.

Винтовые муфты (рис. V-31, б) обеспечивают быстрый и простой монтаж арматуры на стройплощадке, поскольку не требуют специальной обработки концов стержней. Муфты могут монтироваться с помощью стандартного гаечного ключа, электрического или пневматического гайковерта. По достижении требуемой степени затяжки головки болтов срезаются автоматически, что значительно облегчает визуальный контроль соединений. Муфты выпускаются для соединения арматурных стержней диаметром от 10 до 40 мм.

Большими преимуществами обладает механическое соединение арматуры с помощью **обжимных муфт**. Концы арматуры соединяются поперечным деформированием специальных муфт. Для работы с ручными обжимными прессами не требуются высококвалифицированные сварщики, существенно сокращаются затраты на электроэнергию, повышается производительность труда. За смену бригада из двух человек, используя обжимной пресс, производит в 3,5 раза больше соединений арматурных стержней, чем сварщик, применяющий метод ванной сварки. Отсутствует необходимость в дополнительном оборудовании для подготовки арматурных стержней.

Соединение арматуры происходит с помощью цельнокатаных гильз, предназначенных для холодной штамповки в специальных прессах: стыки обжимаются до тех пор, пока гильзы не принимают форму стержней (рис. V-32). Поскольку гильзы и арматура произведены из различных материалов и обладают разной степенью плотности и податливости формовке, то необходим дополнительный контроль качества стыка.

Механические соединения могут быть применены в железобетонных конструкциях, где сварка и соединение внахлест недопустимы.

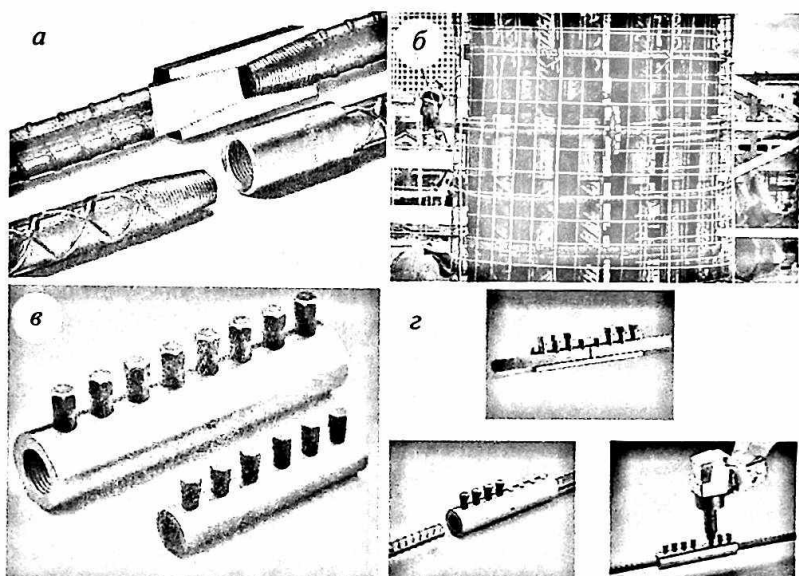


Рис. V-31. Продольное соединение арматуры:

а – муфты с конической резьбой; *б* – фрагмент арматурного каркаса колонны с резьбовым соединением арматуры; *в* – винтовые муфты; *г* – последовательность соединения арматуры винтовыми муфтами

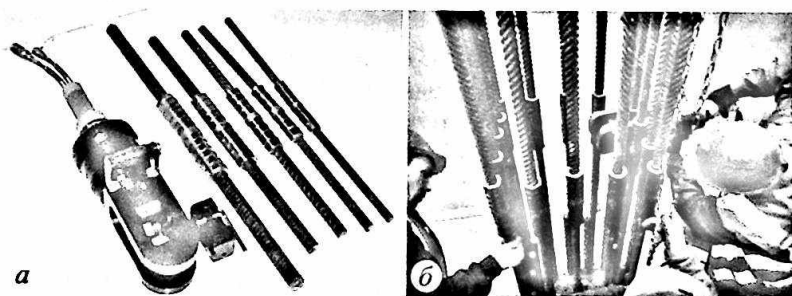


Рис. V-32. Соединение арматуры с использованием обжимных муфт:

а – обжимной гидравлический пресс и соединенные стержни; *б* – работы по соединению арматуры на объекте

5.5. Производство арматурных работ на объекте

Армирование железобетонных конструкций желательно осуществлять сварными арматурными каркасами и сетками заводского изготовления. На строительном объекте при возведении монолитных железобетонных конструкций выполняют следующие операции:

- укрупнительную сборку пространственных арматурных каркасов;
- установку готовых каркасов и сеток в опалубку;
- установку и вязку арматуры отдельными стержнями в опалубке.

Если по условиям транспортирования крупногабаритные каркасы или сетки заготавливают или перевозят частями, то их укрупняют на строительстве до проектных размеров дуговой или ванной сваркой или с помощью муфт. Укрупнительную сборку производят непосредственно в проектном положении (в опалубке) или в стороне от места установки на заранее оборудованной площадке. Укрупнительная сборка арматурных каркасов перед их подъемом и установкой дает возможность лучше использовать грузоподъемность крана, а арматурщикам значительную часть работы выполнять в более удобных и безопасных условиях. Монтаж арматурных изделий следует производить преимущественно из крупногабаритных блоков и унифицированных сеток заводского изготовления с обеспечением надежной фиксации *защитного слоя бетона*, т.е. расстояния между арматурой и внешней поверхностью бетона конструкции, необходимого для обеспечения совместной работы арматуры с бетоном и выполняющего функцию защиты арматуры от внешних воздействий.

Смонтированная арматура должна быть надежно закреплена и предохранена от деформаций и смещений в процессе производства работ по бетонированию конструкций. Крестовые пересечения стержней арматуры, уложенных поштучно, необходимо скреплять вязальной проволокой (рис. V-33) или с помощью специальных проволочных соединительных крепок.

Арматуру можно устанавливать в опалубку только после проверки соответствия опалубки проектным размерам с учетом нормативных допусков.



Рис. V-33. Вязка арматуры стальной проволокой:

а – последовательность вязки крючком; *б* – крючок; *в* – аккумуляторный проволочный пистолет-автомат для вязки арматуры; *г* – готовое соединение, выполненное пистолетом-автоматом

При монтаже арматуры в опалубку и последующем бетонировании любой конструкции необходимо соблюдать указанную в проекте заданную толщину защитного слоя бетона. Толщину защитного слоя бетона обеспечивают, используя широкую номенклатуру фиксаторов арматуры из полимерных материалов (рис. V-34), обладающих достаточной прочностью, высокой устойчивостью к перепадам температур, воздействию агрессивных сред.

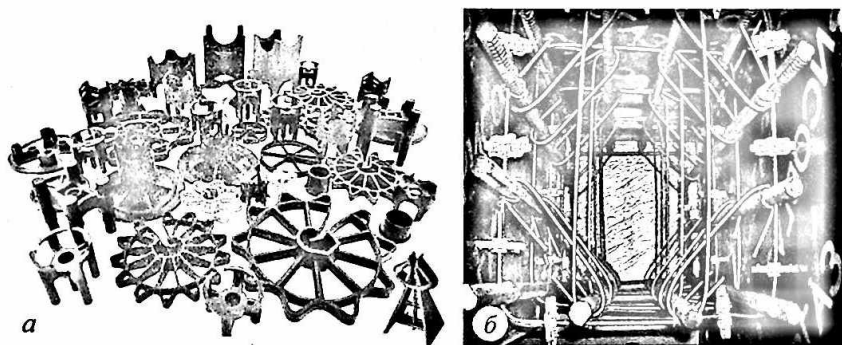


Рис. V-34. Использование фиксаторов арматуры:

а – фиксаторы – формователи защитного слоя бетона в монолитных конструкциях; *б* – фиксаторы, установленные в опалубке колонны

Защитный слой бетона в плитах и стенах толщиной до 10 см должен быть не менее 10 мм; в плитах и стенах толщиной более 10 см – не менее 15 мм; в балках и колоннах при диаметре продольной арматуры 0...32 мм – не менее 25 мм, при большем диаметре стержней – не менее 30 мм.

Монтаж арматурных изделий обычно производят с транспортных средств с помощью крана, используемого для подачи опалубки и бетонной смеси. Арматурные каркасы массой до 100 кг можно устанавливать вручную, поднимая краном в зону работ сразу несколько каркасов. Изделия большей массы устанавливают непосредственно краном. Как и для сборных железобетонных элементов, желательно поднимать и монтировать арматурные каркасы в том положении, в котором они будут работать в будущей конструкции.

Арматуру фундаментов под колонны промышленных и гражданских зданий укладывают на бетонную подготовку между щитами опалубки фундаментов. При небольшой высоте колонн, а также при легких каркасах арматурный каркас колонн устанавливают, опуская его с помощью крана в готовую опалубку. Установленный арматур-

ный каркас через нижнее окно короба опалубки колонны приваривают или привязывают к выпускам арматуры, забетонированным в фундаменте, плите или колонне нижележащего этажа. Тяжелые каркасы колонн устанавливают раньше опалубки и соединяют с выпусками арматуры нижнего этажа на сварке или на муфтах. Часто, особенно при большой высоте колонн, арматурный каркас заводят в опалубку, у которой уже собраны две или три стенки. Производят выверку каркаса, соединение с арматурными выпусками, после чего завершают сборку опалубочного блока колонны.

Установку арматурных каркасов прогонов и балок производят в готовые короба опалубки. Сварные сетки и плоские каркасы с односторонним расположением рабочих стержней стыкуют на месте установки без сварки с напуском верхнего каркаса не менее чем на 250 мм.

Армирование плит перекрытия производят посредством укладки в пространственные конструкции готовых сварных сеток, стыковку которых осуществляют внахлест электродуговой сваркой.

Армирование стен осуществляют готовыми сетками и реже вязкой из отдельных стержней в опалубке, установленной с одной стороны. При возведении монолитных железобетонных конструкций на большой высоте применяют арматурно-опалубочные блоки, представляющие собой короба (балок, прогонов) с уложенными в них арматурными каркасами.

Установку любой арматуры следует вести так, чтобы не повредить ранее установленную и выверенную опалубку, а также не деформировать арматурные каркасы. В процессе производства работ допускаются бесварочные соединения стержней: стыковые при соединении внахлестку или обжимными гильзами и винтовыми муфтами с обеспечением равнопрочного стыка и крестообразные, выполняемые вязкой отоженной проволокой (см. рис. V-34).

Приемка смонтированной арматуры, всех стыковых соединений должна проводиться работниками службы качества, мастером (прорабом), представителями технадзора заказчика до укладки бетонной смеси и оформляться актом на скрытые работы, в котором обязательно оценивают качество выполненных работ: отмечают все отступления от проекта, сверяют с проектом количество и диаметр стержней, а также правильность их расположения и качество электросварки в пересечениях стержней.

Приемку установленной в проектное положение арматуры производят по захваткам, подготовленным для бетонирования: устанавливают наличие и места расположения фиксаторов, прочность и целостность сборки армоконструкции, которая должна обеспечивать неизменность формы при бетонировании.

6. Бетонирование конструкций

6.1. Состав процесса, подготовка к бетонированию

Бетонирование – наиболее ответственный этап возведения бетонной или железобетонной конструкции. Укладываемая бетонная смесь должна принять форму, заданную проектом конструкции и определяемую плоскостями и контурами опалубки. При бетонировании бетонная смесь заданной марки (класса) должна заполнить все промежутки между стержнями арматуры, образовать защитный слой требуемой толщины и подвергнуться уплотнению, соответствующему заданной плотности. Затвердевший бетон не поддается исправлению, поэтому надо строго соблюдать технологию бетонирования.

Рабочие операции, входящие в технологический процесс бетонирования, можно разделить на три группы: *подготовительные, основные и вспомогательные*.

К числу *подготовительных операций* относят операции, связанные с подготовкой строительной площадки, блоков бетонирования, механизмов и инструментов, применяемых при бетонировании. Перед приемом бетонной смеси следует подготовить территорию строительной площадки, осмотреть и подготовить подъездные пути, настилы, пандусы и т.д., убрать все мешающее с рабочих мест. Надежность эстакад, настилов лесов после проверки удостоверяют соответствующим актом.

Прежде чем дать разрешение на начало работ по бетонированию, нужно проверить и оформить актами на скрытые работы качество и соответствие проекту тех элементов конструкции, которые в процессе бетонирования будут закрыты – останутся в теле бетона.

Блок бетонирования должен быть тщательно осмотрен. Положение опалубки, арматуры, закладных частей и анкерных болтов проверяют с помощью геодезических инструментов с последующим составлением исполнительной схемы и акта на скрытые работы. Эти документы подписывают представители подрядчика и технического надзора заказчика. Особое внимание при геодезической проверке нужно обращать на наличие строительного подъема¹ днищ опалубочных коробов балок, прогонов, арок и т.п.

¹ *Строительный подъем* – небольшой прогиб выпуклостью вверх, придаваемый строительным конструкциям (балкам, фермам и т.п.) в процессе изготовления, который обеспечивает достижение конструкциями проектной формы под действием эксплуатационных нагрузок (вследствие упругих деформаций и податливости связей и узловых соединений) и предупреждает их провисание. Его величина определяется размерами конструкции, упругими характеристиками материалов и нагрузками на конструкцию.

При проверке лесов и подмостей мастер (прораб) и инженер по технике безопасности составляют акт, подтверждающий соблюдение требований техники безопасности.

Непосредственно перед бетонированием опалубку очищают струей воды или сжатого воздуха от мусора и грязи. Поверхности деревянной опалубки смачивают. Щели в деревянной опалубке шириной более 3 мм заделывают для предотвращения вытекания цементного молока. Поверхности стальной и пластиковой опалубки покрывают смазкой, например отработанным маслом, а несъемную опалубку-облицовку промывают струей воды. Арматуру очищают от грязи. Резьбовую часть анкерных болтов для защиты от загрязнений и повреждений при бетонировании закрывают колпачками или смазывают солидолом и обматывают мешковиной. Одновременно выполняют работы по наладке механизмов, машин и приспособлений, используемых во всех взаимосвязанных операциях по бетонированию. На рабочем месте устанавливают (расставляют) оснастку (бадью, бункеры), инструмент (лопаты, скребки, гладилки), устраивают ограждения и защитные козырьки для обеспечения безопасных условий труда.

Одновременно с подготовкой строительной площадки и блока бетонирования приводят в готовность механизмы (краны, распределительные стрелы, бетононасосы и др.). При необходимости эти механизмы испытывают и опробывают. Для каждого механизма определяют зону обслуживания и намечают схему перемещения. Подключают и опробывают вибраторы, проверяют систему энергоснабжения, освещения. В необходимых случаях оборудуют телефонную, световую или звуковую сигнальную связь между рабочими местами подачи, приема и укладки бетонной смеси.

К числу *основных операций* относят прием, распределение и уплотнение бетонной смеси. Их необходимо выполнять в непрерывной последовательности, так как задержка любой из них вызывает схватывание цемента, ухудшает качество бетона и увеличивает трудовые затраты.

За выполнением этих ответственных операций налаживают постоянный контроль со стороны технического персонала стройки. Бетоносмесительный завод на каждую партию бетонной смеси, доставленной на объект, должен выдавать паспорт, в котором указывают основные характеристики смеси (марка (класс), вид и марка цемента, вид и крупность заполнителя и т.д.). Кроме того, на объекте ежесменно мастер (прораб) ведет журнал бетонных работ.

В процессе укладки и уплотнения бетонной смеси необходимо наблюдать за состоянием опалубки и поддерживающих ее конструкций. При обнаружении их деформаций или смещений бетониро-

вание следует прекратить, принять меры к устранению нарушений и привести опалубку в надлежащее состояние.

Вспомогательные операции, сопутствующие бетонированию, заключаются в установке, перемещении и закреплении транспортных устройств и приспособлений: распределительных стрел, виброжелобов, хоботов, бетоновозов. К этим операциям относят также очистку и промывку машин и механизмов после бетонирования. В конце смены инвентарь, механизмы и приспособления очищают от наплывов бетона, промывают бетоноводы.

6.2. Производство и доставка бетонной смеси на объект

6.2.1. Мобильные бетонные заводы

Бетонные заводы принято разделять на три основных вида:

- стационарные;
- приобъектные;
- мобильные.

Бетонные заводы *стационарного типа* используют предприятия, специализирующиеся на производстве товарного бетона в пределах одного региона и/или предприятия, у которых есть линии по производству железобетонных изделий. Такие предприятия имеют достаточно большие склады для хранения цемента, щебня и песка, для того чтобы вести непрерывное производство бетонной смеси. Они имеют в своем составе один или несколько стационарных бетоно-смесительных узлов.

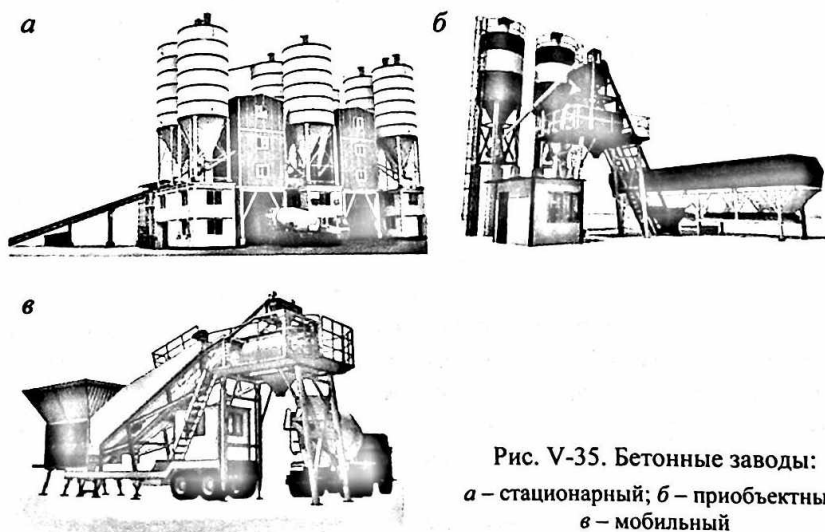


Рис. V-35. Бетонные заводы:

а – стационарный; б – приобъектный;
в – мобильный

Приобъектные бетонные заводы предназначены для строительных организаций, которые производят бетонную смесь для нужд строительства собственных объектов в любом из регионов России.

На установку приобъектного завода уходит 2...3 дня.

Приобъектные заводы по сравнению с мобильными заводами имеют несколько преимуществ:

- объемы бункеров для щебня и песка больше;
- система обогрева заполнителей выполнена конструктивно лучше.

Мобильные бетонные заводы в основном производят на автомобильных шасси для простоты их перемещения с объекта на объект. Установка такого завода может занять всего несколько часов.

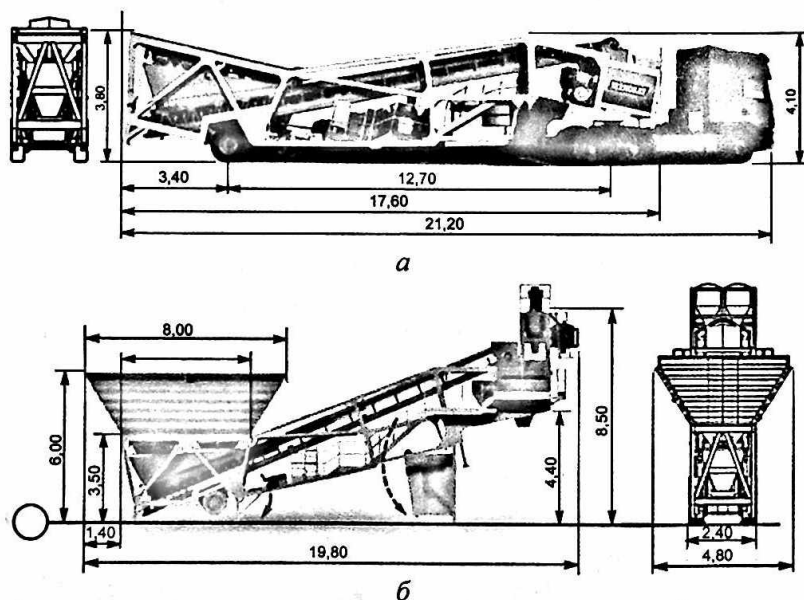


Рис. V-36. Схема разворачивания мобильного бетонного завода:

а – транспортное положение; *б* – рабочее положение

Застройщики стараются сократить затраты на производство и доставку раствора и бетонной смеси на стройплощадку, кроме того, в условиях мегаполисов из-за нестабильных условий дорожного движения доставка товарного бетона требуемого качества с удаленных заводов часто становится невозможной. В таких случаях мобильные бетонные заводы становятся достойной заменой стационарным. Мобильные бетонные заводы производятся в виде больших

блоков, размещенных на автомобильных шасси, и перевозятся в виде габаритного прицепа от одного объекта к другому. Их монтаж и ввод в эксплуатацию осуществляются в течение нескольких часов. Мобильные бетонные заводы имеют небольшие габариты и сравнительно низкое энергопотребление. Для их установки на объекте достаточно иметь ровную площадку с жестким покрытием, не требуется устройство фундаментов.

Все современные мобильные бетонные заводы оснащены автоматизированной системой управления, которая позволяет получать высококачественный раствор и бетонную смесь как для летнего, так и для всесезонного использования и адаптированы к суровым климатическим условиям.

6.2.2. Перевозка бетонной смеси автотранспортом

Перевозку бетонной смеси осуществляют в автобетоновозах, автобетоносмесителях, а также при необходимости перевозки небольших объемов – в контейнерах или бадах, устанавливаемых в кузов бортовых автомобилей.

При перевозке бетонной смеси основным технологическим условием является сохранение ее однородности и обеспечение требуемой для укладки подвижности. При этом надо иметь в виду, что при интенсивных сотрясениях во время перевозки, разгрузки или перегрузки крупный заполнитель оседает вниз, а цементное молоко и раствор всплывают вверх и бетонная смесь теряет однородность.

Продолжительность автомобильных перевозок бетонной смеси зависит от ее начальной температуры, температуры воздуха, вида цемента и типа транспортного средства. В среднем продолжительность перемещения бетонной смеси, исчисляемая с момента ее загрузки в транспортное средство до начала ее уплотнения, не должна превышать 60 мин. При пониженных температурах наружного воздуха (5...10 °С) время перевозки может быть увеличено до 120 мин. Это условие с учетом состояния дорог, допускаемой скорости движения и вида транспортных средств и определяет предельную дальность перевозки готовой бетонной смеси.

Кузов автобетоновоза имеет корытообразную форму без заднего борта. Плавные сопряжения бортов с днищем исключают налипание бетона в углах. Достаточно большой угол наклона кузова (80°) и наличие вибропобудителя позволяют быстро, без затрат ручного труда, выгружать смесь (рис. V-37, а, б). Крышка же предохраняет бетонную смесь от потерь воды и от охлаждения. Бетоновозы в настоящее время используются крайне редко.

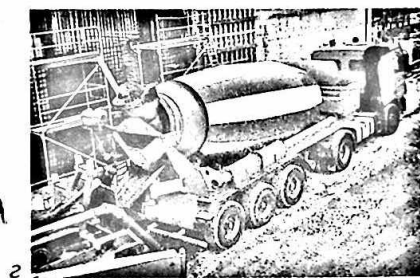
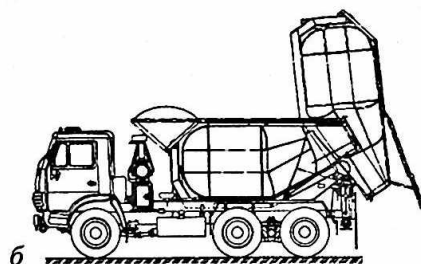
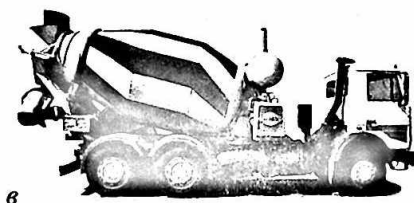
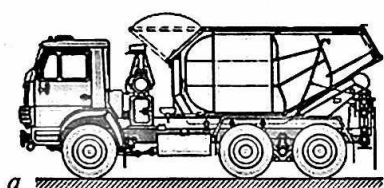


Рис. V-37. Автотранспортные средства для доставки товарного бетона:
а – автобетоновоз в транспортном положении и *б* – в положении разгрузки;
в – автобетоносмеситель в транспортном положении и *г* – в момент выгрузки
 бетона в бункер бетононасоса

Для транспортирования готовой бетонной смеси в городских условиях, а также на большие расстояния (до 70 км) наиболее целесообразно применять автобетоносмесители (см. рис. V-37, б). На более короткие расстояния экономичнее перевозить в них готовую бетонную смесь с ее побуждением в пути периодическим вращением барабана. Дальность транспортирования бетонной смеси при этом может достигать до 50 км. В случае плотного городского графика движения в условиях мегаполиса и при перевозке на большие расстояния в смесительный барабан на бетонном заводе загружают компоненты бетонной смеси; полученную таким образом сухую или частично увлажненную массу можно перевозить на большие расстояния, чем готовую смесь. При приближении к месту разгрузки в барабан добавляют воду до нормы. Готовую смесь выгружают посредством вращения смесительного барабана в обратную сторону. Наличие откидного выгрузного лотка позволяет производить порционную разгрузку, а также подавать смесь непосредственно в конструкцию. Применение автобетоносмесителей позволяет существенно увеличить допустимые расстояния перевозки бетонных смесей практически без снижения их качества.

Транспортирование бетонной смеси автотранспортом в контейнерах (или бадьях) применяют крайне редко ввиду недоиспользова-

ния на 20...30% грузоподъемности транспортных средств и необходимости создания большого оборотного парка контейнеров, что снижает экономическую эффективность этого метода.

Бетонную смесь, доставляемую на объекты, разгружают непосредственно в конструкцию без дополнительной перегрузки или перегружают в промежуточные емкости или приемные бункеры бетононасосов для последующей подачи в блок бетонирования.

Непосредственную подачу смеси без перегрузки обычно применяют при бетонировании конструкций, расположенных в уровне земли или малообъемных заглубленных. Это наиболее простой способ, который не требует каких-либо дополнительных устройств и приспособлений.

Укладку бетонной смеси в конструкции, расположенные в котловане (ниже уровня земли), осуществляют с промежуточной перегрузкой в вибропитатель и последующей подачей в блок бетонирования виброжелобами.

Вибропитатель представляет собой сварной ящик, оборудованный вибратором (рис. V-38, а). Вибропитатель устанавливают так, чтобы днище его было наклонено на $5...10^\circ$ в сторону бетонируемой конструкции. К выходному проему укрепляют виброжелоба длиной 4 и 6 м (рис. V-38, б). На пружинных подвесках желоба крепят к инвентарным стойкам.

Угол наклона виброжелобов к горизонту $5...30^\circ$. С помощью виброжелобов укладывают смеси с осадкой конуса 4...12 см.

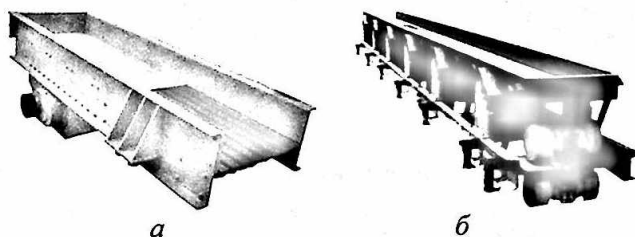


Рис. V-38. Конвейерный транспорт для бетонной смеси:

а – вибропитатель; б – виброжелоб

Жесткие смеси перемещаются по виброжелобам плохо, литые смеси можно транспортировать по виброжелобам с небольшими уклонами ($5...10^\circ$). При больших уклонах бетонная смесь выплескивается через борта виброжелобов. Темп укладки с помощью виброжелобов зависит от угла их наклона и осадки конуса бетонной смеси. Он колеблется в пределах от 10 до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$.

6.3. Подача бетонной смеси кранами

Башенные и стреловые краны с комплектом бадей используют для порционной подачи и распределения бетонной смеси в блоках бетонирования. Доставленную автомобильным транспортом смесь разгружают на объекте в бадьи и кранами подают непосредственно в конструкцию. При этом бетонная смесь перемещается как вертикально, так и горизонтально, что обеспечивает ее распределение при укладке.

Существуют бадьи *поворотные* и *неповоротные*.

Поворотная бадья представляет собой сварную емкость, состоящую из корпуса, каркаса, затвора, рычага. Иногда на корпус бадьи устанавливают вибратор. Каркас выполнен в виде салазок, конструкция которых позволяет загружать бадью в горизонтальном положении. При подъеме краном бадью стропят за петли, и она, плавно перекачиваясь на салазках, занимает вертикальное положение (рис. V-39, б). В таком положении бадья перемещается и разгружается. При опускании бадьи под загрузку она плавно принимает горизонтальное положение загрузочным отверстием вверх (рис. V-39, а).

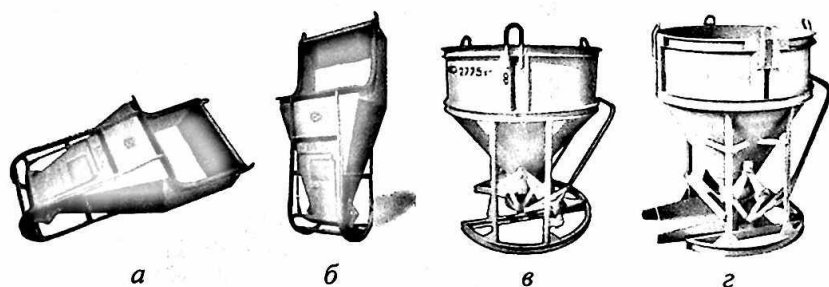


Рис. V-39. Бадьи для подачи и распределения бетонной смеси:

а — поворотная в положении под загрузку и б — в положении подачи; в — неповоротная с нижней выгрузкой; г — неповоротная с лотком

Неповоротная бадья также представляет собой сварную емкость, но в отличие от поворотной она подается под загрузку в вертикальном положении (рис. V-39, в, г).

Преимущественное применение имеют поворотные бадьи, неповоротные бадьи используют в тех случаях, когда бетонную смесь нужно подавать небольшими порциями (в колонны, стены небольшой толщины и др.). Бадьи изготавливают, как правило, вместимостью 0,5...2,0 м³.

6.4. Транспортировка бетонной смеси ленточными транспортерами

В промышленном и гражданском строительстве *ленточные транспортеры* используют как внутрипостроечный транспорт для подачи бетонной смеси в основном при бетонировании конструкций с небольшими размерами в плане (точечные конструкции).

Промышленность для нужд строителей изготавливает ленточные транспортеры передвижного типа длиной 6...15 м и шириной гладкой или ребристой ленты 400...500 мм. Такие конвейеры могут подавать бетонную смесь на высоту 1,5...4 м.

Основным рабочим органом транспортера является гибкая про-резиненная ребристая лента, огибающая приводной и натяжной барабаны и опирающаяся на поддерживающие верхние роликовые опоры желобчатого типа и нижние плоские роликовые опоры (рис. V-40). Бетонную смесь загружают на ленту через питатели, позволяющие непрерывно и равномерно подавать смесь требуемой толщины. Барабаны конвейера оборудованы устройствами, очищающими ленту от цементного раствора и возвращающими его в состав подаваемой бетонной смеси.

Во избежание расслоения бетонной смеси ее подвижность при подаче транспортерами не должна превышать 6 см. Углы наклона транспортера при подъеме смеси подвижностью до 4 см – до 18°, 4...6 см – до 15°, а при спуске смеси – соответственно до 12 и 10°. Скорость движения ленты не должна превышать 1 м/с. При выгрузке с транспортера во избежание расслоения применяют направляющие щитки или воронку высотой не менее 0,6 м. Устройство односторонних щитов или козырьков, а также свободное падение смеси с транспортера не допускается.

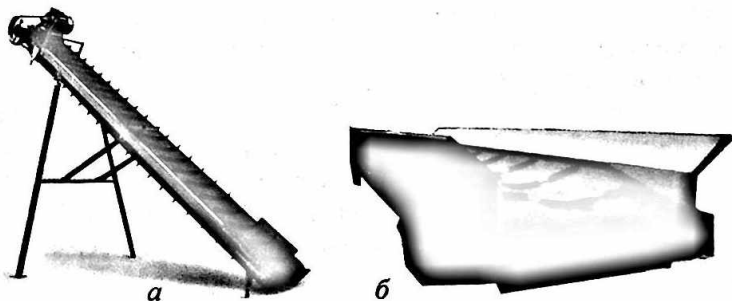


Рис. V-40. Ленточный транспортер:

а – крутонаклонный – до 45°; б – обычный – до 35° для перемещения готовой бетонной смеси

Передвижные ленточные транспортеры, обладая большой производительностью (до $35 \text{ м}^3/\text{ч}$), не распределяют бетонную смесь по площади бетонируемой конструкции. Поэтому в процессе подачи приходится переставлять конвейер, что требует дополнительных затрат труда и вызывает задержки в бетонировании.

6.5. Трубопроводный транспорт бетонной смеси

Трубопроводный транспорт относится к внутривозвратному и при определенных условиях имеет ряд технологических преимуществ перед другими способами горизонтального и вертикального транспортирования бетонных смесей. К их числу относятся:

- возможность осуществления одним механизмом горизонтального и вертикального перемещения смесей от места их разгрузки на объекте к месту укладки;
- возможность подачи бетонных смесей в труднодоступные участки возводимого сооружения.

Техническими средствами трубопроводного транспорта являются машины для перекачивания (проталкивания) бетонной смеси – бетононасосы, пневмонагнетатели, транспортные коммуникации (бетоноводы и оборудование для распределения смеси).

Основными типами бетононасосов являются поршневые с гидравлическим приводом, представляющие собой двухцилиндровые поршневые механизмы. При движении поршней бетонная смесь из приемного бункера поочередно засасывается в один из транспортных цилиндров бетононасоса, а оттуда поршнем подается в бетоновод. Оба поршня работают синхронно в противоположных направлениях, т.е. когда один поршень всасывает смесь из приемного бункера, другой нагнетает ее в бетоновод. Такты работы поршней строго согласованы с работой шиберов (клапанов), который синхронно переключается на нагнетающий цилиндр, обеспечивая непрерывную подачу смеси в бетоновод, одновременно открывая доступ в приемный бункер всасывающему цилиндру.

В свою очередь, шиберы автобетононасосов бывают трех типов: S-шиберы (сталь или чугун), С-шиберы (сталь или чугун), рок-шиберы (чугун). С- и S-шиберы предназначены для прокачки стандартных марок бетона, рок-шибер предназначен для прокачки «грубых» смесей с крупной фракцией, которая забивает S- и С-шиберы. В плане эксплуатационных качеств S-шиберы лидируют по надежности; С-шиберы – наиболее просты в эксплуатации и обслуживании; рок-шиберы – более экономичны в части расходов на эксплуатацию.

Эффективность работы бетононасоса в наибольшей степени зависит не от типа используемого шибера, а от плотности мест соеди-

нения, которые должны быть надежно изолированы. Не прилегающие плотно или изношенные уплотнительные кольца со временем начнут пропускать воду и воздух, что может привести к отложениям засохшего бетона на стенках шибера.

Производительность современных поршневых двухцилиндровых бетононасосов варьируется в пределах от 80 до 180 м³/ч.

Бетононасосы выполняют в стационарном (прицепном) и самоходном вариантах (рис. V-41, в, г). Самоходный вариант, как правило, укомплектован распределительной стрелой (рис. V-41, д; рис. V-45).

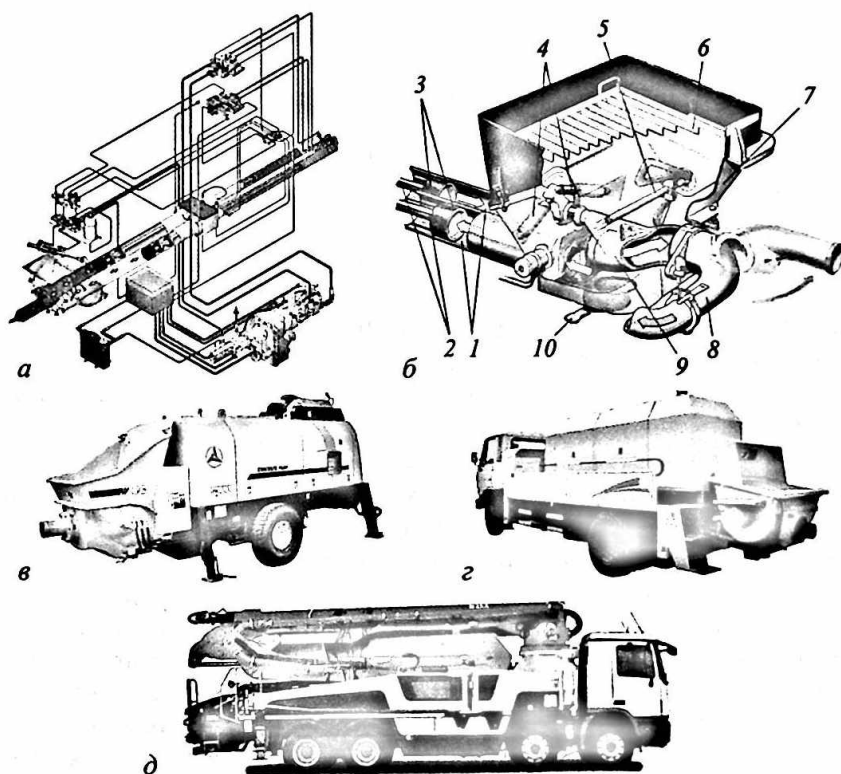


Рис. V-41. Схема работы бетононасоса:

а – принципиальная гидравлическая схема; б – схема устройства приемно-подающей части с S-шибером (1 – бетонотранспортные гидроцилиндры; 2 – гидроцилиндры; 3 – поршни; 4 – цилиндры переключения шибера; 5 – вал миксера бункера; 6 – решетка бункера; 7 – бункер; 8 – бетоновод; 9 – S-шибер; 10 – сливной кран). Исполнение бетононасосов: г – стационарное (транспортируется как прицеп к грузовому автомобилю); д – самоходное (на базе автомобиля); е – автобетононасос с раздаточной стрелой

Бетоновод предназначен для перемещения бетонной смеси от бетононасоса к месту укладки и состоит из отдельных трубчатых звеньев (обычно стальных), входящих в комплект бетононасоса. В комплект входят прямые звенья длиной 0,5...3 м, колена (отводы) с углом поворота 90; 60; 45; 30; 20,5; 15 и 10 градусов, замки и уплотнительные кольца (рис. V-42).

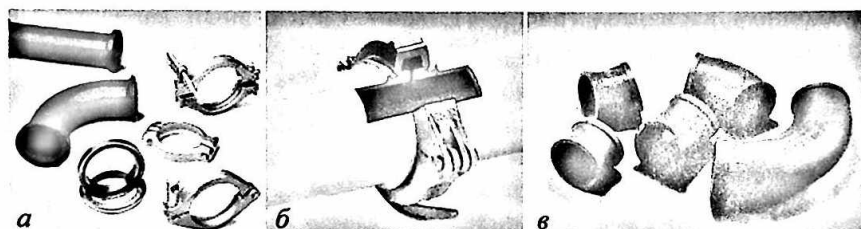


Рис. V-42. Элементы бетоновода:

а, б – замки и уплотнительные кольца; *в* – колена с разными углами поворота

Повороты создают дополнительное сопротивление движению бетонной смеси. Поэтому при определении расстояния подачи условно принимают, что угол поворота 90 градусов соответствует 12 м горизонтального участка, а углы поворота 45, 20 и 10 градусов соответствуют 7,5 и 3 м, 1 м вертикального бетоновода и эквивалентны 8 м горизонтального.

Звенья и колена соединяют между собой с помощью быстро-разъемных замков (хомутов) с натяжными клиньями и резиновыми уплотнителями. В зависимости от производительности бетононасоса применяют бетоноводы с внутренним диаметром 80...203 мм (большей производительности соответствует больший диаметр).

Прокладывают бетоновод до наиболее удаленного места укладки бетонной смеси, по мере укладки его постепенно разбирают, снимая последние звенья труб, т.е. процесс бетонирования ведут «на себя».

В качестве оборудования для распределения бетонной смеси применяют гибкие рукава, бетонораздатчики (рис. V-43, *а, б*), круговые распределители (рис. V-43, *г*) и распределительные стрелы. Для спуска бетонной смеси вниз используют также обычные желоба и рукава (хоботы) (рис. V-43, *е*).

Гибкие распределительные рукава диаметром 80...125 мм применяют для распределения бетонной смеси в радиусе до 8 м (рис. V-43, *е*). При распределении бетонной смеси по горизонтальной поверхности во избежание ударов гибкого рукава (возникают при неравномерной работе насоса), которые могут привести к несчастным случаям,

применяют *гасители* — наконечники для рукавов, гасящие кинетическую энергию подаваемой по ним бетонной смеси (рис. V-43, д).

Бетонораздатчики обеспечивают возможность перемещения свободного конца бетоновода по окружности при небольшой площади бетонирования. Соединение поворотных звеньев с вертикальным участком бетоновода осуществляют с помощью одного колена, а с горизонтальным — с помощью двух колен (рис. V-43, а).

Круговой распределитель состоит из двух шарнирно сочлененных колен и подставки. Распределитель применяют главным образом при бетонировании цилиндрических конструкций (рис. V-43, з).

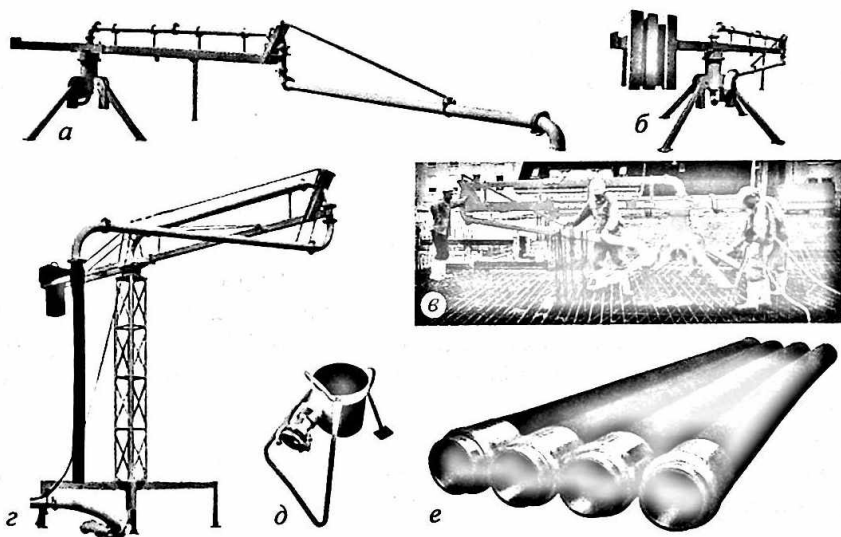


Рис. V-43. Приспособления и оборудование для распределения бетонной смеси:

а, б — бетонораздатчик с поворотным коленом; б — противовес бетонораздатчика; в — бетонораздатчик в работе; г — круговой распределитель; д — гаситель; е — рукава

Распределительные стрелы являются специализированным оборудованием, предназначенным для перемещения концевой участка бетоновода в зону распределения бетонной смеси. Распределительная стрела состоит из несущих элементов с приводом, секций бетоновода с концевым рукавом и поворотного устройства. Подъем стрелы и раскладывание секций происходит при помощи гидроцилиндров двустороннего действия, а опорно-поворотное устройство позволяет осуществлять подачу бетона в радиусе 360°. Стрелы в зависимости от их длины бывают двух-, трех-, четырех- и пятисекци-

онными. Складывание стрелы обычно производится в вертикальной плоскости и реже – горизонтальной. Распределительные стрелы изготавливают стационарными и передвижными на шасси автомобилей (как правило, совмещенными с бетононасосом).

Стационарные стрелы, как правило, снабжены гидравлическим устройством для их подъема без помощи крана с промежуточной фиксацией за перекрытия или горизонтальные рамы, закрепленные в шахте (рис. V-44, в, з). Бетоновод монтируется на опорной колонне и «растет» вместе со стрелой, дополнительные трубы для увеличения длины добавляются достаточно просто.

В настоящее время широко применяют автобетононасосы, представляющие собой бетононасос с полноповоротной распределительной стрелой, смонтированной на раме, которая, в свою очередь, укреплена на шасси автомобиля. Автобетононасосы предназначены для подачи бетонной смеси к месту укладки как по вертикали, так и по горизонтали (рис. V-45). Высота подачи бетона – от 10 до 65 м и дальность подачи – до 60 м. По стреле, состоящей из трех-пяти шарнирно сочлененных частей, проходит бетоновод с шарнирами – вставками в местах сочленений стрелы, заканчивающийся гибким распределительным рукавом длиной 3...7 м. Нормальная эксплуатация бетононасосов обеспечивается в том случае, если по бетоноводу перекачивают бетонную смесь подвижностью 5...15 см, удовлетворяющей требованиям удобоперекачиваемости, т.е. способности ее транспортирования по трубопроводу на предельные расстояния без расслоения и образования пробок. Оптимальная подвижность бетонной смеси с точки зрения ее удобоперекачиваемости – 6...8 см, а водоцементное отношение – 0,4...0,6.

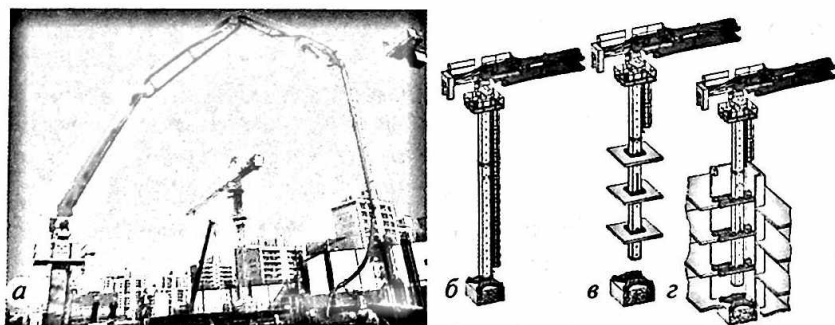
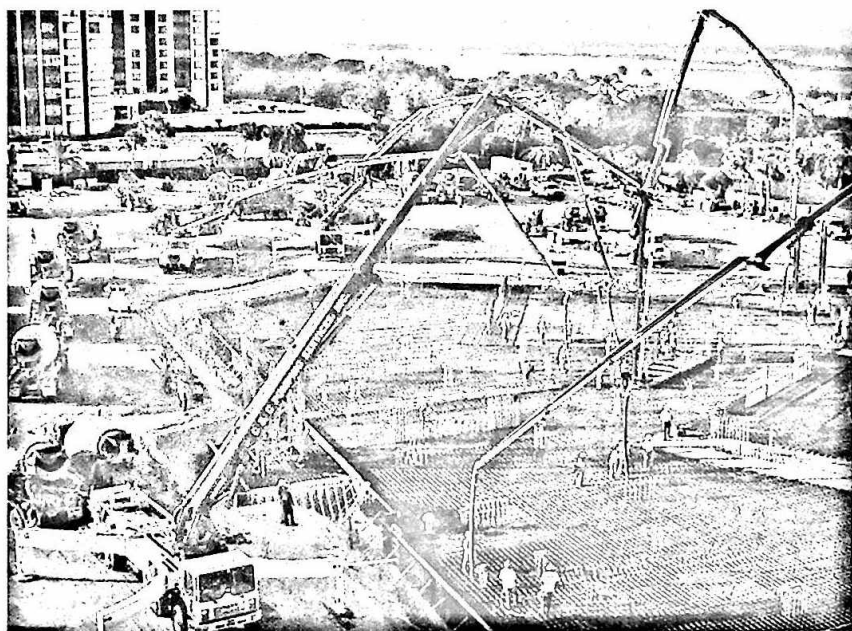
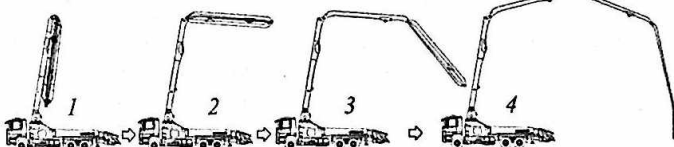
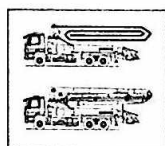


Рис. V-44. Стационарные распределительные стрелы:

а – на строительной площадке; б – анкерное крепление на фундаменте; в – крепление за перекрытия; г – горизонтальные рамные крепления с креплением рам за стенки шахты



R-образная система складывания стрелы



Z-образная система складывания стрелы

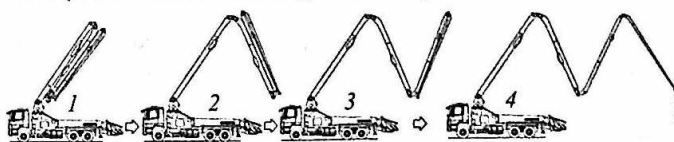
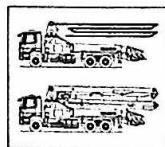


Рис. V-45. Автобетононасосы с распределительными стрелами с R- и Z-образными системами разворачивания-складывания стрелы:

1, 2, 3, 4 – последовательные фазы разворачивания стрелы

В качестве крупного заполнителя рекомендуется применять гравий или щебень неигловатой формы. Наибольший размер зерен крупного заполнителя не должен превышать 0,4 внутреннего диаметра бетоновода для гравия и $0,33\varnothing$ – для щебня. Количество зерен наибольшего размера и зерен пластинчатой (лещадной) или игловатой формы не должно превышать 15% по массе.

Перед началом транспортирования бетонной смеси трубопровод смазывают, прокачивая через него известковое тесто или цементный раствор. После окончания бетонирования бетоновод промывают водой под давлением и через него пропускают эластичный поролоновый пыж или шар. При перерыве более чем на 30 мин смесь во избежание образования пробок активизируют путем периодического включения бетононасоса, при перерывах более чем на 1 ч бетоновод полностью освобождают от смеси.

6.6. Уплотнение бетонной смеси

Уплотнение бетонной смеси является одной из самых важных операций при бетонировании: от качества его выполнения зависят плотность и однородность бетона, а следовательно, плотное прилегание и совместная работа с арматурой, отсутствие пустот, точность принимаемой им формы и долговечность.

Бетон – это смесь воды, сыпучих материалов (песок, щебень) и цемента. Вибратор передает этой массе высокочастотные колебания, в результате чего внутреннее трение между компонентами уменьшается, а сама смесь вследствие ослабления сил притяжения переходит в текучее состояние. Эта масса окружает (обволакивает) арматуру, проникая во все труднодоступные места. Во время вибрации воздух, находящийся в бетонной смеси, выходит на поверхность в виде пузырьков, и в ней остается всего около 1% газов, появляющихся в ходе химической реакции между смешиваемыми компонентами. Бесформенная смесь превращается в компактную однородную массу. Вибрация позволяет избежать скопления в одном месте щебня или образования пустот в бетоне, так как цементное молоко заполняет все промежутки между сыпучими компонентами. Для уплотнения бетонной смеси применяют вибраторы, передающие частицам бетонной смеси очень частые сотрясения (колебания) – 1500...20 000 колебаний в минуту. Вибрирование применяют для уплотнения только жестких и малоподвижных смесей. Для подвижных смесей кратковременное вибрирование используют не для уплотнения, а для механизации ее укладки в формы, так как продолжительное вибрирование вызывает расслоение смеси.

Глубинные вибраторы сообщают колебания бетонной смеси от рабочего наконечника или корпуса, погружаемого в уплотняемый слой смеси (рис. V-47; V-48).

Поверхностные вибраторы устанавливаются на поверхности уложенной бетонной смеси и передают ей колебания через рабочую площадку или рейку, которые являются неотъемлемым элементом вибрационной системы (рис. V-49).

Наружные (внешние) вибраторы передают колебания щитам опалубки, от которых они рассеиваются в бетонной смеси. Промышленность выпускает ручные и подвесные вибраторы.

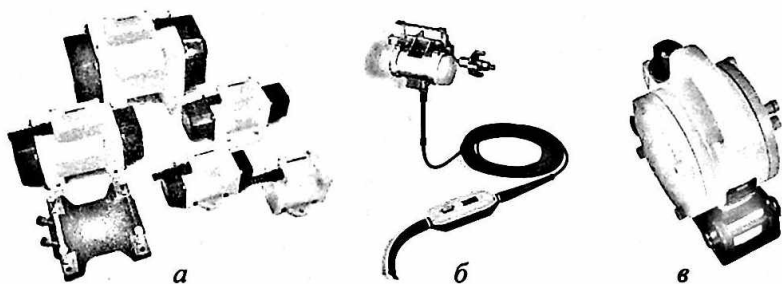


Рис. V-46. Наружные (внешние) вибраторы:

а – электрические среднечастотные (3000 об/мин); *б* – электрический с широким диапазоном центробежных усилий и рабочих частот и с быстроразъемным фиксирующим устройством к опалубке различных производителей; *в* – пневматический (12 500...15 500 об/мин)

В зависимости от типа привода различают вибраторы *механические*: электромеханические и с приводом от бензинового или дизельного двигателя; *пневматические* и *гидравлические*.

Наиболее удобными для работы при бетонировании монолитных конструкций являются механические вибраторы.

Основную часть *механического вибратора* составляет двигатель, на валу которого внецентренно насажены грузы, называемые эксцентриками, или дебалансами. Дебалансы не дают валу плавно вращаться при работе электродвигателя, а вызывают его дрожание – вибрацию. Произведение веса дебаланса на расстояние от его центра тяжести до оси вала называют статическим моментом. Чем больше статический момент эксцентрика, тем больше (при конкретной частоте вибрации) возмущающая сила вибратора. При увеличении частоты вибрации возмущающая сила вырастает в квадратной степени. Так, при изменении частоты с 3000 до 6000 колебаний в 1 мин, т.е. в 2 раза, возмущающая сила вибратора увеличивается в 4 раза, поэтому повышение частоты вибрации позволяет получать большие значения возмущающих сил при небольших значениях статического момента дебаланса и тем самым облегчить массу вибратора. Однако их износостойкость при таком режиме работы резко снижается.

Пневматические вибраторы в качестве силовых агрегатов используют производительные компрессоры и работают за счет энергии сжатого воздуха. Особенностью пневматических моделей явля-

ется максимальная производительность, но их использование оправдано только в условиях строительных площадок, оборудованных магистральным сжатым воздухом, поскольку такие вибраторы потребляют его в значительном количестве.

Гидравлические вибраторы, обладая всеми преимуществами пневматических инструментов (компактность, малый вес, простота конструкции и обслуживания, высокая маневренность и долговечность конструкции, возможность получения высокой частоты и ее регулирования, электро- и взрывобезопасность), гораздо менее энергоемки, так как коэффициент полезного действия у них значительно выше.

Для уплотнения бетонной смеси в тонкостенных и густоармированных конструкциях широко применяют *глубинные вибраторы*, которые состоят из булав (вибронаконечника), погружаемой в бетон и создающей колебания, и силового привода. Способ уплотнения, при котором вибратор погружают в бетонную смесь, называют внутренней вибрацией, а соответствующие типы вибраторов – внутренними (или глубинными).

Эффективность воздействия глубинных вибраторов на бетонную смесь определяется соотношением частоты и амплитуды колебаний, а также величиной активной поверхности корпуса булав. Уплотняемый объем бетона при вертикальном положении вибратора имеет форму тела вращения с расширением книзу. Радиус действия глубинных вибраторов зависит от величины статистического момента дебаланса, частоты и амплитуды колебаний. С повышением жесткости смеси радиус действия вибратора снижается. При этом оптимальная частота колебаний также снижается, а амплитуда возрастает. С увеличением активной (находящейся в контакте с бетонной смесью) поверхности вибратора растут рассеиваемая вибратором в бетонной смеси мощность и эффективность его работы. Глубинные вибраторы с гибким валом предназначены для уплотнения бетонных смесей с осадкой конуса 3...5 см при укладке их в конструкции с различной степенью армирования или в элементы небольшого поперечного сечения. Вибраторы этого типа эффективны также при бетонировании тонкостенных конструкций с небольшой насыщенностью арматурой. Расстояние между стержнями арматуры должно быть не менее 1,5 диаметра вибронаконечника.

В зависимости от типа применяемого силового привода выделяют *механические, пневматические и высокочастотные* глубинные вибраторы.

Механические глубинные вибраторы в качестве силового агрегата оснащаются электрическими, бензиновыми или дизельными

двигателями (см. рис. V-47). Крутящий момент от силового привода передается через гибкий вал на вибробулаву. Булава оснащена встроенным эксцентриком или маятником, который, вращаясь, создает вибрацию, используемую для уплотнения. Оснащение установок бензиновым или дизельным двигателем не получило широкого распространения, поскольку это снижает мобильность устройства, такие модели значительно тяжелее электрического аналога, при работе издают постоянный шум и их применение оправдано только в случае отсутствия электричества на площадке. Электрические глубинные вибраторы оснащаются двигателями двух типов: асинхронными со скоростью вращения вала до 3000 оборотов; щеточными – со скоростью вращения вала 10...18 тыс. оборотов в минуту.

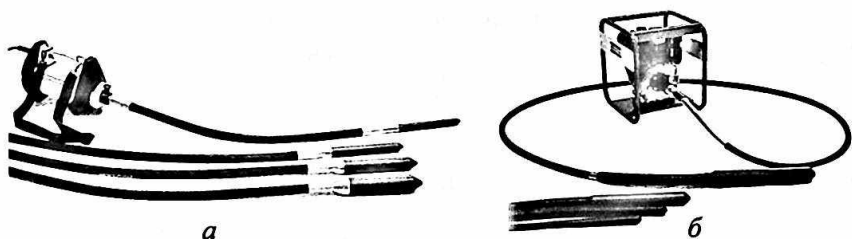


Рис. V-47. Глубинные механические вибраторы:

а – электромеханический; б – дизельный

Вибронаконечники *глубинных пневмовибраторов* имеют компактные размеры и могут применяться для выполнения широкого спектра работ, в целом такие установки очень надежны и легки в обслуживании и ремонте. Преимуществами этих моделей являются: долговечность и износостойкость; электробезопасность; высокая эффективность; простота обслуживания; легкость в использовании. Пневматические глубинные вибраторы работают от сжатого воздуха при давлении 6 бар, достигая частоты 16 500...19 700 об/мин, сочетают высокую производительность, большой радиус уплотнения, небольшой рабочий вес агрегата. Все пневматические глубинные вибраторы могут поставляться с удлиненными шлангами и использовать вибробулавы диаметром от 26 до 155 мм. Они способны выполнять как легкие задачи по уплотнению бетона в небольших объемах, так и работать в условиях бетонирования массивных конструкций (дамбы, мосты, высотное строительство).

По сравнению с вышеперечисленными механическими и пневматическими видами *высокочастотные глубинные вибраторы* самые производительные, так как применяемая в них высокая частота тока

позволяет достичь более высокого числа оборотов (вибраций). Высокочастотные вибраторы состоят из преобразователя тока и булав. Легкие портативные модели оснащены преобразователем тока, вмонтированным в булав (рис. V-48, б), промышленные модели применяют преобразователи, присоединяемые при помощи гибкого шланга к булаве. Одновременно к одному внешнему преобразователю в зависимости от их мощности и вида могут присоединяться от 1 до 6 вибробулав (рис. V-48, а). Применение внешних преобразователей очень удобно при постоянной работе с вибраторами и необходимости использования различных по диаметру булав со шлангами разной длины. Преимуществом высокочастотных вибраторов по сравнению с механическими является повышенный ресурс, так как в высокочастотных вибраторах нет трущихся частей (отсутствует вал, передающий вращение). От источника питания к булаве идет гибкий шланг, внутри которого скрыт кабель питания, поскольку гибкий вал отсутствует, конструкции не свойственен механический износ. Кроме того, сами преобразователи имеют практически неограниченный срок эксплуатации, поскольку состоят из электрических схем и цепей и полностью лишены трущихся, изнашивающихся деталей.

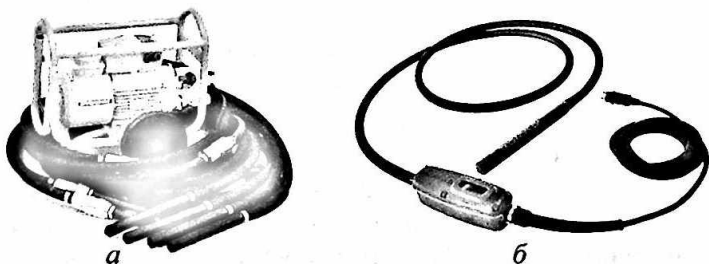


Рис. V-48. Высокочастотные глубинные вибраторы:
а — многопостовый; б — со встроенным преобразователем

Поверхностные вибраторы

Поверхностное вибрирование рекомендуется применять при уплотнении бетонной смеси, укладываемой в подготовки под полы, плиты перекрытий, дорожные покрытия и подобные конструкции, толщина которых не превышает 25 см (неармированные или армированные легкой сеткой конструкции). При толщине конструкций более 25 см или при наличии объемного армирования смесь уплотняют глубинными вибраторами с последующим использованием поверхностных вибраторов для уплотнения верхних слоев, выравнивания и заглаживания поверхности.

Поверхностное вибрирование выполняют с помощью виброреек, вибробрусьев и поверхностных площадочных вибраторов. При вибрировании площадку, рейку или брус поверхностного вибратора устанавливают на поверхность уплотняемой бетонной смеси и перемещают по ней по мере уплотнения смеси. Скорость перемещения поверхностного вибратора 0,5...1 м/мин. При толщине бетонируемого слоя более 5 см виброуплотнение следует вести в два-три прохода. За первый проход заканчивают основное уплотнение. За последующие проходы выполняют окончательное уплотнение и заглаживают поверхность бетона.

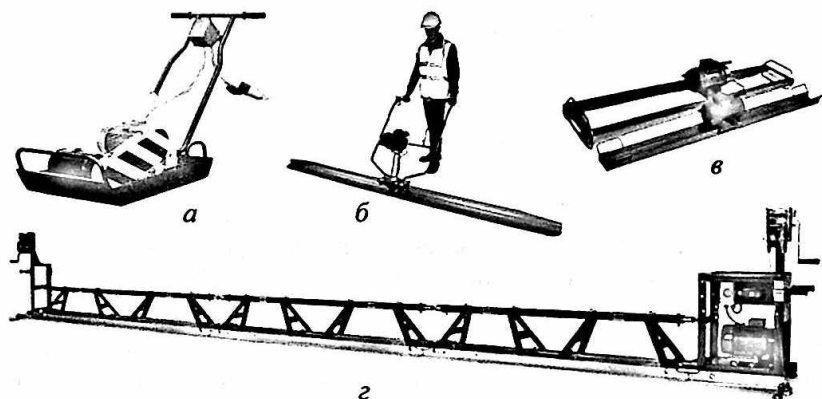


Рис. V-49. Площадочные и реечные вибраторы:

а – бипроплита; б – виброрейка; в – вибробрус; з – модульная секционная самопередвижная виброрейка

Система модульных (секционных) виброреек разработана для уплотнения и выравнивания бетонной смеси шириной до 25 м. За счет отсутствия прогибов по длине и жесткости конструкции в целом модульная виброрейка широко применяется при строительстве взлетно-посадочных полос аэродромов, возведении пролетных строений мостов, тоннелей, бетонировании крупногабаритных фундаментов с толщиной слоя бетона до 300...350 мм. Жесткость всей конструкции обеспечивается за счет упорных рам специальной треугольной формы.

При помощи секционной виброрейки можно формировать различные профили бетонной плиты: двухскатный, выпуклый, вогнутый. Это возможно за счет применения системы регулирования, которая позволяет формировать между секциями угол до двух градусов (рис. V-50); при длине виброрейки 25 м высота перепада горизонта от центра к краю составляет 125 мм. Виброрейка собирается из модулей

(секций) таким образом, чтобы получить необходимую ширину рабочей полосы. Стандартная длина секций составляет 1, 2 и 3 м.

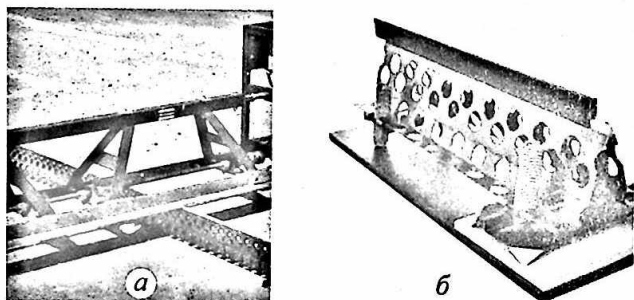


Рис. V-50. Система неизвлекаемых направляющих:
а – виброрейка в рабочем положении; б – неизвлекаемая направляющая с возможностью регулировки

Внешние (наружные) вибраторы используются для уплотнения бетонной смеси при производстве монолитных конструкций, часто имеющих такую толщину и форму, что глубинный вибратор не может быть использован. Вибратор жестко крепится к опалубке, так что виброобработке подвергаются и опалубка, и бетон (рис. V-51). При применении данного типа вибратора бетонную смесь следует укладывать слоями определенной толщины, так как в противном случае воздух из-за большой массы бетона не сможет высвободиться. Необходимо изменять положение вибратора каждые 50...90 с. Внешние вибраторы выпускаются трех основных типов:

пневматические, среднечастотные и высокочастотные. Преимущество пневматических в относительной простоте и невысокой стоимости.

Среднечастотные внешние уплотнители хорошо подходят при небольших объемах бетонирования. В условиях крупного строительства применяются только мощные высокочастотные внешние вибраторы. Такие вибраторы устанавливаются по несколько штук на опалубку, могут быть запитаны от одного преобразователя и обеспечивают высокое качество уплотнения.



Рис. V-51. Высокочастотные внешние вибраторы, закрепленные на опалубке

Основные правила уплотнения бетонной смеси вибраторами следующие:

- Бетонирование следует вести так, чтобы опалубка была целиком заполнена однородной бетонной смесью.
- Бетонная смесь должна быть уложена плотно – без пустот между стержнями арматуры или между арматурой и опалубкой. Особенно тщательно следует обрабатывать вибратором бетонную смесь в местах с плотным армированием, у стенок опалубки и в углах.
- При вибрировании глубинными вибраторами вибронаконечник необходимо вводить в нижележащий слой бетона на 5...15 см, чтобы обеспечить надежную связь между отдельными слоями. Расстояние между местами погружения вибронаконечника не должно превышать 1,5 радиуса его действия.
- Время вибрирования в одной точке должно быть 15...30 с в зависимости от параметров вибратора, подвижности бетонной смеси, степени армирования. Вынимать вибронаконечник из бетонной смеси следует медленно при включенном двигателе, чтобы пустота под наконечником успела заполниться бетонной смесью.
- Вибрирование на очередной позиции прекращают при появлении признаков достаточного уплотнения смеси:
 - прекращение оседания смеси;
 - горизонтальность поверхности слоя;
 - хорошее заполнение опалубки, особенно в углах;
 - появление раствора на поверхности бетонной смеси и в щелях опалубки.
- Продолжительность вибрирования с одной позиции поверхностными вибраторами в зависимости от подвижности смеси составляет примерно 20...50 с. При работе с поверхностными вибраторами их переставляют так, чтобы площадка (рейка или брус) вибратора на каждой новой позиции немного (на 50...100 мм) перекрывала соседний провибрированный участок.
- При укладке бетонной смеси необходимо следить за тем, чтобы не были нарушены расположение арматуры в бетоне и проектная толщина защитного слоя. Опирающие вибраторы во время их работы на арматуру монолитных конструкций недопустимо.
- Запрещено добавление воды в бетонную смесь на стадии уплотнения, так как это сильно снижает прочность и плотность бетона.

6.7. Безвибрационная укладка бетонной смеси

В последние годы получила применение безвибрационная укладка бетонных смесей, приготовленных с добавкой суперпласти-

фикаторов (табл. V-5). Смесь укладывают гравитационным способом (только под действием сил тяжести), исключая операции по распределению смеси в конструкции вследствие ее высокой текучести. Требуется лишь кратковременная легкая вибрационная обработка смеси погружным вибратором в углах, стыках и местах, сильно насыщенных арматурой. Применение безвибрационной укладки смеси снижает трудоемкость бетонирования (примерно на треть), ускоряет рабочий процесс и уменьшает энергозатраты.

Особенно эффективна эта технология при бетонировании набивных свай, подземных и подводных сооружений. В зависимости от пластифицирующего эффекта добавки подразделяются на четыре группы (см. табл. V-5).

Литую смесь можно подавать в конструкции и напорным способом – бетононасосами. Дозировку добавки суперпластификаторов определяет строительная лаборатория. Обычно она составляет 0,3...2% массы цемента.

Таблица V-5

Пластифицирующие добавки в бетон

суперпластификаторы (I группа пластифицирующих добавок) повышают подвижность бетонных смесей от П1 до П5 (от 2...4 см до 21...25 см) без снижения прочности бетона во все сроки испытания	Разжижители С-3 и СМФ (модификация разжижителя С-3); дофен ДФ; суперпластификатор 10-03; суперпластификатор НКНС 40-03; Agiplas (Франция); Izola FM-86 (ФРГ); Lomar D (США); Cormix (Великобритания) и т.п.
сильнопластифицирующие (II группа пластифицирующих добавок), повышающие подвижность смесей от П1 до П4 (от 2...4 см до 16...20 см) без снижения прочности бетона	Аплассан АПЛ; лигнопан Б-3; лигносульфонат технический модифицированный ЛСТМ-2; модифицированные лигносульфонаты ЛТМ; Betokem LP (Норвегия); WRDA (Великобритания); Addiment 3 (ФРГ); Plastiment BV40 (Франция) и т.п.
среднепластифицирующие (III группа пластифицирующих добавок) повышают подвижность смесей от П1 до П3 (от 2...4 см до 10...15 см) без снижения прочности бетона	Лигносульфонаты технические ЛСТ; плав дикарбоновых кислот ПДК; С-1; лигнопан Б-1; пластификатор 20-03; барда УПБ; Cementol Delta (Словения); Addiment BV 8 (ФРГ) и т.п.
слабопластифицирующие (IV группа пластифицирующих добавок) увеличивают подвижность бетонной смеси от П1 до П2 (от 2...4 см до 5...9 см) без снижения прочности бетона	Нейтрализованные черные контакты НЧК и КЧНР; этилсиликонат натрия ГКЖ-10; черный сульфатный щелок ЧСЩ; лесохимическая добавка ЛХД; с мола омыленная водорастворимая ВЛХК и т.п.

Повышенная подвижность сохраняется при средней летней температуре в течение 45...90 мин, поэтому на заводах вводят в смесь лишь 80...85% воды затворения, остальные 15...20% воды вместе с раствором суперпластификатора вводят в автобетоносмесителе перед его разгрузкой, выполняя дополнительное смешивание товарной смеси с добавочной водой и суперпластификатором. Практикуется также доставка с завода товарных сухих смесей с загрузкой в барабан полной порции воды, добавкой суперпластификатора и перемешиванием компонентов в течение требуемого времени.

6.8. Бетонирование фундаментов и массивов

При бетонировании фундаментов и массивов бетонную смесь доставляют преимущественно автобетоновозами, автобетоносмесителями. Применяя распределительные стрелы и краны для подачи смеси на место бетонирования, их одновременно используют для распределения смеси по площади бетонируемой конструкции. Бадьи с бетонной смесью обычно выгружают на высоте 0,5...0,7 м от уровня укладываемого слоя. В остальных случаях, если глубина спуска бетонной смеси превышает 1 м, как правило, используют звеньевые хоботы. Вместе с тем возможно прямое сбрасывание бетонной смеси в котлован (с его бровки или эстакады) на высоту до 3 м, если при этом соблюдены следующие условия:

- смесь падает вертикально сплошной массой, не разбрызгиваясь;
- ведется систематический контроль за однородностью смеси и отсутствием ее расслоения.

При правильной организации бетонных работ задача бетонщика сводится лишь к разравниванию бетонной смеси и уплотнению ее вибраторами (в основном реечными). Бетонирование выполняют слоями толщиной 300...500 мм.

Верхний слой уплотняют площадочными вибраторами. Использовать площадочные вибраторы для уплотнения смеси в промежуточных слоях нельзя, так как при этом массив бетона получит неоднородное, слоистое строение.

При уплотнении смеси в больших массивах применяют специальные вибраторы большой мощности, а также секционные вибраторы, смонтированные в единый блок и переставляемые кранами. Для плотно армированных конструкций используют также и погружные вибраторы.

Уплотнение бетонной смеси для фундаментных плит толщиной до 250 мм с одиночной арматурой выполняют поверхностными вибраторами. Фундаментные плиты с двойной арматурой и плиты тол-

щиной 250 мм и более уплотняют погружными вибраторами. Основное требование при назначении толщины одновременно укладываемого слоя и площади захватки – соблюдение предельной продолжительности перекрытия слоев, при которой может быть осуществлена монолитность конструкции без обработки горизонтальных рабочих швов.

6.9. Бетонирование стен в разборно-переставной опалубке

Стены и перегородки бетонируют участками на высоту не более 3 м. Бетонную смесь на глубину более 3 м подают через рукава. При наличии балок или перекрытий, примыкающих к стенам, бетонирование ведут на высоту, равную расстоянию между этими балками или перекрытиями (но не более 3 м).

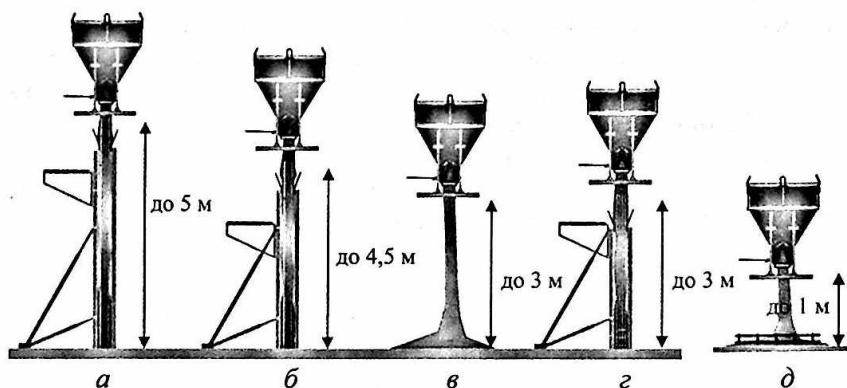


Рис. V-52. Ограничения по высоте сбрасывания бетонной смеси при бетонировании конструкций разного типа (бетонная смесь условно показана зеленым цветом):

а – колонны (предотвращение расслоения и зависания смеси на арматуре); *б* – стены (предотвращение расслоения и зависания смеси на арматуре); *в* – подготовка, фундаментные плиты, неармированные стены и колонны (предотвращение расслоения смеси); *г* – густоармированные колонны и стены (предотвращение пустот и каверн); *д* – плиты перекрытий (предотвращение деформаций и разрушения опалубки и арматурного каркаса)

При большей высоте участков стен и перегородок, бетонируемых без рабочих швов, необходимо устраивать перерывы для осадки бетонной смеси (иначе в этом уровне в бетоне стены образуется осадочная трещина). Продолжительность перерыва должна быть не менее 40 мин, но не больше 2 ч, иначе в этом уровне образуется рабочий шов.

Для того чтобы в нижней части бетонируемого яруса стены не образовалась (при сбрасывании бетонной смеси с высоты) гравелистая прослойка, полезно при возобновлении бетонирования сначала уложить на толщину 100...200 мм слой цементного раствора состава 1:2 или 1:3, а затем уже продолжать укладку бетонной смеси. При этом часть гравия (щебня) втопится в слой раствора и в результате уложенный бетон будет однородным по всей высоте бетонируемой конструкции.

Стены тонкие, а также с густым армированием, где применение рукавов невозможно, разрешено бетонировать ярусами высотой до 2 м; при этом опалубку с одной стороны возводят сразу на всю высоту и к ней фиксируют арматуру. Вторую сторону опалубки возводят постепенно, всякий раз на высоту одного яруса по окончании бетонирования предыдущего яруса.

Бетонную смесь в стенах и перегородках уплотняют глубинными вибраторами с булавами диаметром до 50 мм.

Стены резервуаров для хранения жидкостей следует бетонировать без перерыва. Бетонную смесь укладывают слоями высотой не более 0,8 длины рабочей части вибратора. Стыки стенок и днища резервуара выполняют в местах, предусмотренных проектом.

6.10. Бетонирование стен в скользящей опалубке

Скользкая опалубка состоит из стальных щитов, связанных между собой стальными домкратными рамами. На рамы опалубки, опираются фермы или прогоны рабочего настила, с которого производится укладка бетонной смеси и установка арматуры. К рамам скользящей опалубки подвешиваются подмости, позволяющие производить первоначальную отделку бетонируемых конструкций. Устанавливаемые на рамах гидравлические (наиболее распространены) или электрические домкраты обеспечивают одновременное вертикальное движение (скольжение) всей опалубки по бетонируемой конструкции, при этом затвердевший бетон освобождается.

При устройстве скользящей опалубки должны быть соблюдены следующие параметры и условия:

- высота скользящей опалубки 1100...1500 мм (при меньшей высоте теряется устойчивость, при большей – имеет место излишнее утяжеление опалубки, поскольку она соприкасается с бетоном только в своей верхней части);
- скользящая опалубка внизу должна иметь зазор 5...7 мм (конусность) для облегчения ее подъема и предотвращения срывов бетона.

Порядок бетонирования стен в скользящей опалубке следующий. При первоначальном заполнении (при неподвижной опалубке) в опалубочные формы, установленные на фундаменте сооружения, укладываются два-три слоя бетонной смеси на высоту, равную половине высоты скользящей опалубки, в течение 2...3 ч. Дальнейшая укладка может производиться в том случае, если при проведении пробного подъема выходящий из-под опалубки бетон не оплывает и не имеет срывов. После перехода на подъем опалубки с заданной скоростью бетонирование следует вести с соблюдением следующих условий:

- укладка бетонной смеси должна вестись непрерывно;
- бетонная смесь должна укладываться в опалубку равномерными горизонтальными слоями толщиной не более 200 мм при бетонировании тонкостенных конструкций (высотой до 200 мм) и не больше чем 250 мм в более массивных конструкциях;
- каждый следующий слой бетона должен укладываться до начала схватывания нижнего слоя.

Уплотнение бетонной смеси должно производиться сразу после ее укладки при помощи вибраторов, при этом не рекомендуется одновременное применение двух вибраторов для уплотнения бетонной смеси между соседними домкратными рамами, так как это может вызвать деформацию опалубки.

Бетонную смесь уплотняют глубинными вибраторами с диаметром булав 25 мм при толщине стены 200 мм и Ø50 мм при большей толщине стены. Чтобы не повредить нижележащие твердеющие слои бетона, булаву не следует упирать в опалубку или арматуру.

Целесообразно укладывать бетонную смесь слоями предельно допустимой толщины. В процессе бетонирования верхний уровень бетонной смеси должен быть всегда ниже верха опалубки на 50 мм.

Темп укладки бетонной смеси должен соответствовать оптимальной рабочей скорости подъема форм, при которой бетон, освобождающийся от опалубки, будет твердым на ощупь, но следы от щитов опалубки можно легко загладить, как правило, интервалы между подъемами опалубки не должны превышать 8 мин. При необходимости устройства длительного перерыва формы заполняют до верха, выравнивая верхний слой бетона по всему контуру форм на одном уровне. Перед возобновлением бетонирования поверхность ранее уложенного бетона должна быть обработана.

По окончании бетонирования необходимо продолжать подъем форм до конца схватывания цемента в верхнем слое бетона и появ-

ления между бетоном и стенками опалубки различного на глаз зазора. Формы следует поднимать с небольшой скоростью, с тем чтобы к концу подъема превышение верхней кромки опалубки над бетоном было не более 400 мм. В ряде случаев можно применять более простое мероприятие против сцепления уложенного бетона с опалубкой – периодический подъем и опускание опалубки в пределах одного шага – так называемый «шаг на месте».

Поверхность стен, бетонируемых в скользящей опалубке, следует затирать немедленно по выходе бетона из форм, а отделку бетона на данном уровне выполнять не позднее чем через 4...5 ч после поднятия форм со специальных подмостей, подвешенных к формам. Бетон затирают стальными терками без добавления раствора, лишь слегка смачивая водой с помощью кисти. Одновременно заделывают раковины и исправляют дефекты бетонирования.

При производстве бетонных работ в скользящей опалубке необходимо постоянно иметь в виду, что бетонная смесь в подвижных формах имеет в различных слоях по высоте разные свойства. Верхний слой свежееуложенной смеси плотно прилегает к опалубке, его пристенная часть плотно с ней сцеплена и для преодоления силы сцепления при подъеме требуется механическое усилие, осуществляемое домкратами. Непосредственно у опалубки пристенный слой представляет собой пленку с пузырьками воздуха. Во втором, среднем слое, уложенном 2...4 ч ранее, контакты между опалубкой и бетонной смесью уже нарушены вследствие схватывания цементного теста, приводящего к некоторому уменьшению объема и возникновению у смеси упругопластических свойств. Однако под давлением верхнего слоя смесь «раздается» вширь и возникают силы сухого трения между бетоном и опалубкой, преодолеваемые механизмом подъема опалубки.

В нижнем (третьем) слое уже заметен зазор между опалубкой и бетоном, обусловленный «конусностью» опалубки. «Молодой» бетон постепенно твердеет. Освобожденный от форм четвертый слой способен воспринимать нагрузку от вышележащего веса бетона и требует ухода, соблюдения влажностного и температурного режимов; его прочность на сжатие составляет обычно всего 0,4...0,8 МПа.

В процессе подъема опалубки необходимо тщательно следить за соблюдением проектной толщины защитного слоя арматуры (обычно 25 мм), не допуская попадания в этот слой крупных фракций заполнителя, приводящих к «срывам» бетона при подъеме. Подвижность бетонной смеси должна быть не выше 12 см. Целесообразно применение в составе бетона пластифицирующих добавок.

6.11. Бетонирование каркасных конструкций

К каркасным конструкциям относятся колонны, прогоны, балки и плиты (при безбалочных перекрытиях, состоящих из колонн, капителей и плит). Колонны бетонируют обычно ярусами, а балки и плиты – после бетонирования поддерживающих колонн с перерывом в 1...2 ч, для того чтобы бетон получил необходимую осадку.

Если балки и прогоны имеют густое армирование, не позволяющее бетонировать колонны сверху, бетонирование последних разрешено выполнять до установки арматуры примыкающих балок. СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции. Бетонные работы» допускает бетонирование сверху колонн высотой не более 5 м и с поперечными размерами не менее 400×400 мм и не более 800×800 мм (рис. V-52), если они имеют хомуты, охватывающие арматурный каркас только снаружи. Колонны меньших размеров, а также имеющие хомуты, которые разделяют пространство внутри колонны на ряд клеток, необходимо бетонировать сбоку участками высотой не более 1 м.

При бетонировании колонн сверху нижний слой толщиной около 300 мм укладывают из раствора или из бетонной смеси с мелким гравием (иначе внизу получится бетон с раковинами). При сбрасывании следующей порции смеси наиболее крупный заполнитель втапливается в первый слой, в результате чего образуется смесь нормального состава. На высоте около 0,7 м от низа колонны в опалубке иногда оставляют смотровое отверстие, через которое наблюдают за укладкой и дополнительно штыкуют смесь железными шуровками. Его заделывают, как только бетонная смесь дойдет до его уровня.

Бетонную смесь в колоннах уплотняют глубинными вибраторами с гибким валом, которые удобны для уплотнения бетонной смеси в колонне как сбоку, так и сверху даже при густом армировании. В колоннах небольшого поперечного сечения или тонких стенках значительной высоты бетонную смесь уплотняют наружными вибраторами.

В процессе бетонирования для плотной укладки смеси полезно обстукивать стенки опалубки снаружи на уровне укладываемого слоя бетонной смеси (и несколько ниже) деревянным или резиновым молотком – киянкой. Особенно тщательно обстукивают углы форм.

Колонны, как правило, бетонируют на всю высоту этажа без перерыва. Рабочие швы устраивают только у самого низа колонн на уровне верха фундамента или перекрытия или вверху колонны на несколько сантиметров ниже уровня примыкания балок перекрытия. В поддерживающих безбалочные перекрытия колоннах с капителями рабочий шов устраивают у низа капители, которую бетонируют

одновременно с плитой перекрытия. Колонны промышленных цехов могут иметь рабочие швы на уровне верха подкрановых балок либо на уровне низа консолей (выступов), поддерживающих подкрановые балки (рис. V-53).

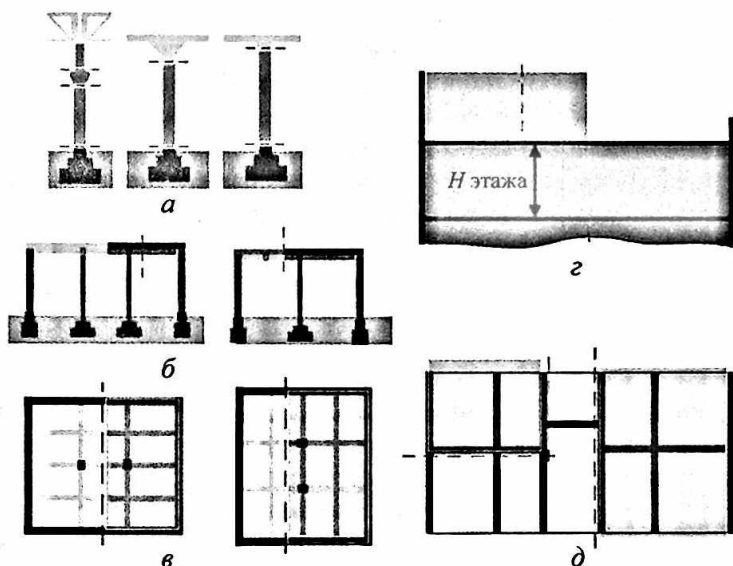


Рис. V-53. Правила устройства рабочих швов и возобновления бетонирования:

а – в колоннах и стенах по высоте; *б, в* – в ребристых плитах перекрытия; *з* – в длинных стенах по длине в разных этажах; *д* – в плоских перекрытиях

Балки и прогоны бетонируют, как правило, одновременно с плитами перекрытия. Разрыв во времени может быть допущен в виде исключения только при очень высоких балках и прогонах (высотой 800...1000 мм и более). В этих случаях рабочий шов устраивают в балках на 30...50 мм ниже уровня плиты.

Для образования защитного слоя в балках, плитах и прогонах арматуру нужно устанавливать на специальные фиксаторы.

Очень важно выдержать в натуре проектную толщину плиты, для чего применяют маячные рейки, слегка прибиваемые к опалубке. Верх рейки должен совпадать с проектным уровнем верха плиты. Рейки снимают по мере бетонирования, а углубления заделывают бетонной смесью одновременно с заглаживанием поверхности плиты.

При наличии верхней арматуры, уложенной на подставках из арматурной стали, уплотнение бетонной смеси необходимо вести с

переставных скамеек, чтобы не помять верхнюю арматуру и сохранить ее проектное положение.

Для уплотнения бетонной смеси в балках применяют глубинные вибраторы с гибким валом. Балки высотой до 400 мм бетонируют обычно в один слой, более высокие – в два-три слоя толщиной по 300...400 мм. Плиты бетонируют, уплотняя смесь с помощью поверхностного вибратора. Поверхность плиты выравнивают и заглаживают затирочной машиной, а при малых объемах работ – правилом и гладилками.

Рабочие швы при бетонировании перекрытий устраивают в средней части балок и плит (см. рис. V-53). При бетонировании ребристых перекрытий в направлении, параллельном балкам, шов устраивают в пределах средней трети пролета балок, а при бетонировании в направлении, перпендикулярном балкам, – в пределах двух средних четвертей пролета прогонов и плит. Нельзя устраивать рабочие швы у опор, так как впоследствии в местах швов могут возникнуть трещины. Рабочие швы как в балках, так и в плитах должны быть вертикальными, поэтому в намеченных местах перерыва бетонирования должны ставить: в плитах – рейки по толщине плиты, а в балках – щитки с вырезами для пропуска арматуры (см. рис. V-53). Бетонирование перекрытия лучше вести по направлению второстепенных балок. В этом случае в наиболее нагруженных прогонах перекрытия швов не будет, а в плитах швы пересекут только распределительную (а не рабочую) арматуру. Однако можно вести бетонирование и по направлению главных балок-прогонов с соблюдением указанных выше правил.

При бетонировании безбалочных перекрытий рабочие швы устраивают также в средней части пролетов плит.

Устройство температурных швов выполняют особенно тщательно. Температурный шов – зазор, разделяющий здания и сооружения на отдельные части и допускающий некоторое их взаимное перемещение при температурных деформациях зданий и сооружений.

При установке спаренных колонн нужно следить за тем, чтобы не сбить при бетонировании вставленную в короб перегородку и обеспечить спаренным элементам одинаковые размеры. В температурных швах на консолях и швах с вкладышами необходимо обеспечить высокую прочность консолей и возможность скольжения одной поверхности по другой. Опорную поверхность выравнивают строго по уровню и затирают стальной теркой, не допуская бугорков и неровностей, после чего укладывают металлический опорный лист.

К бетонированию вкладыша можно приступать не ранее двух-трех дней после бетонирования консоли, когда бетон отвердеет.

Предварительно надо тщательно проверить, как укреплены леса и стойки опалубки, затем натереть и присыпать графитом нижний опорный лист, уложить на него верхний опорный лист и обмазать глиной ровень с ним полосу между краями листов и опалубкой.

Для создания зазора в шов следует заложить дощечки, обернутые рубероидом (для облегчения удаления их при распалубливании).

При возведении зданий методом подъема пакет железобетонных плит перекрытий (по числу этажей здания) изготавливают внизу, обычно на уровне верха фундаментов здания. Плиты имеют размеры, соответствующие размерам и конфигурации здания в плане. Технология бетонирования плит соответствует описанной выше. Особенностью работ является необходимость устройства специальных разделительных слоев между плитами. Для этой цели следует применять лак-этиноль (или битумно-этинолевый лак) и известковый шлам с добавлением нитроцеллюлозного клея или меловую пасту, замешанную на нитроцеллюлозном клее.

Лак-этиноль набрызгивают краскопультом в два слоя общей толщиной до 1 мм с интервалом в 2 ч. После этого через 2 ч наносят слой известкового шлама с нитроцеллюлозным клеем. Меловую пасту на нитроцеллюлозном клее наносят валиками.

Разделительный слой устраивают только в сухую погоду или под укрытием от дождя.

6.12. Выдерживание бетона

В процессе выдерживания осуществляют уход за бетоном, который должен обеспечить: поддержание температурно-влажностного режима, необходимого для нарастания прочности бетона, предотвращение значительных температурно-усадочных деформаций и образования трещин, предохранение твердеющего бетона от ударов, сотрясений, других воздействий, ухудшающих качество бетона в конструкции.

Свежеуложенный бетон поддерживают во влажном состоянии путем периодического орошения водой и предохраняют летом от солнечных лучей, а зимой от мороза защитными покрытиями.

В летний период бетон на обычных портландцементных поливают в течение 7 сут, на глиноземистых – 3 сут, на шлакопортландских и других малоактивных цементах – не менее 14 сут. При температуре воздуха выше +15 °С в течение 3 сут поливку проводят днем через каждые 3 ч и один раз ночью, а в последующие дни – не реже трех раз в сутки.

Поливку производят распылителями, присоединенными шлангами к трубопроводам временного водоснабжения. Для предотвра-

щения вымывания бетона струей воды его поливку начинают не ранее чем через 5...10 ч после укладки.

При укрытии поверхности бетона влагостойкими и влагоудерживающими материалами (рогожами, матами, опилками и др.) перерыв между поливками может быть увеличен в 1,5 раза. При среднесуточной температуре наружного воздуха $+3^{\circ}\text{C}$ бетон можно не поливать. Большие горизонтальные поверхности бетона вместо поливки могут быть покрыты защитными пленками (битумно-этиловым лаком, водно-битумной эмульсией, полимерными пленками).

Свежеуложенный бетон не должен подвергаться действию нагрузок и сотрясений. Движение людей по забетонированным конструкциям, а также установка на этих конструкциях лесов и опалубки допускаются только по достижении бетоном прочности не менее 1,5 МПа. Движение автотранспорта и бетоноукладочных машин по забетонированным конструкциям разрешается только по достижении бетоном прочности, предусмотренной проектом производства работ.

Мероприятия по уходу за бетоном, их продолжительность и периодичность отмечают в журнале бетонных работ.

6.13. Технология бетонных работ в зимних условиях

6.13.1. Физические процессы и определяющие положения

Понятие «зимние условия» в технологии монолитного бетона и железобетона несколько отличается от общепринятого – календарного. Зимние условия начинаются, когда среднесуточная температура наружного воздуха снижается до $+5^{\circ}\text{C}$, а в течение суток наблюдается падение температуры ниже 0°C .

При отрицательных температурах не прореагировавшая с цементом вода переходит в лед и не вступает в соединение с цементом. В результате этого прекращается реакция гидратации и, следовательно, бетон не твердеет. Одновременно в бетоне развиваются значительные силы внутреннего давления, вызванные увеличением (примерно на 9%) объема воды при переходе ее в состояние льда. При раннем замораживании бетона его неокрепшая структура не может противостоять этим силам и нарушается. При последующем оттаивании замерзшая вода вновь превращается в жидкость и процесс гидратации цемента возобновляется, однако разрушенные структурные связи в бетоне полностью не восстанавливаются.

Замораживание свежесуложенного бетона сопровождается также образованием вокруг арматуры и зерен заполнителя ледяных пленок, которые благодаря притоку воды из менее охлажденных зон бетона увеличиваются в объеме и отжимают цементное тесто от арматуры и заполнителя.

Все эти процессы значительно снижают прочность бетона и его сцепление с арматурой, а также уменьшают его плотность, стойкость и долговечность.

Если бетон до замерзания приобретает определенную начальную прочность, то все упомянутые выше процессы не оказывают на него неблагоприятного воздействия. Минимальную прочность, при которой замораживание для бетона не опасно, называют *критической*.

Величина нормируемой критической прочности зависит от класса бетона, вида и условий эксплуатации конструкции и составляет: для бетонных и железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой – 50% проектной прочности для бетонов классов В7,5...В10, 40% для бетонов классов В12,5...В25 и 30% для В 30 и выше; для конструкций с предварительно напрягаемой арматурой – 80% проектной прочности, для конструкций, подвергающихся попеременному замораживанию и оттаиванию или расположенных в зоне сезонного оттаивания вечномерзлых грунтов, – 70% проектной прочности, для конструкций, нагружаемых расчетной нагрузкой, – 100% проектной прочности.

Продолжительность твердения бетона и его конечные свойства в значительной степени зависят от температурных условий, в которых выдерживают бетон. По мере повышения температуры увеличивается активность воды, содержащейся в бетонной смеси, ускоряется процесс ее взаимодействия с минералами цементного клинкера, интенсифицируются процессы формирования коагуляционной и кристаллической структуры бетона. При снижении температуры, наоборот, все эти процессы затормаживаются и твердение бетона замедляется.

Поэтому при бетонировании в зимних условиях необходимо создать и поддерживать такие температурно-влажностные условия, при которых бетон твердеет до приобретения критической (или заданной) прочности в минимальные сроки с наименьшими трудозатратами. Для этого применяют специальные способы приготовления, подачи, укладки и выдерживания бетона.

При приготовлении бетонной смеси в зимних условиях ее температуру повышают до 35...40 °С посредством подогрева заполнителей и воды. Заполнители подогревают до 60 °С паровыми регистрами, во вращающихся барабанах, в установках с продувкой дымовых газов через слой заполнителя, горячей водой. Воду подогревают в бойлерах или водогрейных котлах до 90 °С. Подогрев цемента запрещается.

При приготовлении подогретой бетонной смеси применяют иной порядок загрузки составляющих в бетономеситель. В летних условиях в барабан смесителя все сухие компоненты загружают од-

новременно. Зимой во избежание «заваривания» цемента в барабан смесителя вначале заливают воду и загружают крупный заполнитель, а затем, после нескольких оборотов барабана – песок и цемент. Общую продолжительность перемешивания в зимних условиях увеличивают в 1,2...1,5 раза. Бетонную смесь транспортируют в закрытой утепленной и прогретой перед началом работы таре (бадьи, кузова машин). Автомашины имеют двойное днище, в полость которого поступают отработанные газы мотора, что предотвращает теплопотери. Бетонную смесь следует транспортировать от места приготовления до места укладки по возможности быстрее и без перегрузок. Места погрузки и выгрузки должны быть защищены от ветра, а средства подачи бетонной смеси в конструкции (рукава, виброхоботы и др.) утеплены.

Состояние основания, на котором укладывают бетонную смесь, а также способ укладки должны исключать возможность ее замерзания в стыке с основанием и деформации основания при укладке бетона на пучинистые грунты. Для этого основание отогревают до положительных температур и предохраняют от замерзания до приобретения вновь уложенным бетоном требуемой прочности.

Опалубку и арматуру до бетонирования очищают от снега и наледи, арматуру диаметром более 25 мм, а также арматуру из прокатных профилей и крупные металлические закладные детали при температуре ниже -10°C отогревают до положительной температуры.

Бетонирование следует вести непрерывно и высокими темпами, при этом ранее уложенный слой бетона должен быть перекрыт до того, как в нем температура опустится ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

Строительное производство располагает обширным арсеналом эффективных и экономичных методов выдерживания бетона в зимних условиях, позволяющих обеспечить высокое качество конструкций. Эти методы можно разделить на три группы:

- метод, предусматривающий использование начального тепло содержания, внесенного в бетонную смесь при ее приготовлении или перед укладкой в конструкцию, и тепловыделение цемента, сопровождающее твердение бетона, – так называемый метод «термоса»;
- методы, использующие эффект понижения эвтектической точки воды в бетоне с помощью специальных противоморозных химических добавок;
- методы, основанные на искусственном прогреве бетона, уложенного в конструкцию, – электропрогрев, контактный, индукционный и инфракрасный нагрев, конвективный обогрев.

Эти методы можно комбинировать. Выбор того или иного метода зависит от вида и массивности конструкции, вида, состава и требуемой прочности бетона, метеорологических условий производства работ, энергетической оснащенности строительной площадки и т.д.

6.13.2. Метод «термоса»

Сущность метода «термоса» заключается в том, что имеющая положительную температуру (обычно в пределах $15...30\text{ }^{\circ}\text{C}$) бетонная смесь укладывается в утепленную опалубку. В результате этого бетон конструкции набирает заданную прочность за счет начального теплосодержания и тепловыделения экзотермической реакции гидратации цемента за время остывания до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В процессе твердения бетона выделяется экзотермическая теплота, количественно зависящая от вида применяемого цемента и температуры выдерживания. Экзотермия бетона обеспечивает существенный вклад в теплосодержание конструкции, выдерживаемой методом «термоса». Поэтому при применении метода «термоса» рекомендуется применять бетонную смесь на высокоэкзотермичных портландских и быстротвердеющих цементах, укладывать ее с повышенной начальной температурой и тщательно утеплять.

6.13.3. Бетонирование с предварительным разогревом бетонной смеси

Метод заключается в кратковременном разогреве бетонной смеси до температуры $60...80\text{ }^{\circ}\text{C}$, уплотнении ее в горячем состоянии и термосном выдерживании или с дополнительным обогревом.

В условиях строительной площадки разогрев бетонной смеси осуществляют, как правило, электрическим током. Для этого порцию бетонной смеси с помощью электродов включают в электрическую цепь переменного тока в качестве сопротивления. Таким образом, как выделяемая мощность, так и количество выделяемой за промежуток времени теплоты зависят от подводимого к электродам напряжения (прямо пропорционально) и омического сопротивления прогреваемой бетонной смеси (обратно пропорционально). В свою очередь, омическое сопротивление является функцией геометрических параметров плоских электродов, расстояния между электродами и удельного омического сопротивления бетонной смеси.

Электроразогрев бетонной смеси осуществляют при напряжении тока 380 и реже 220 В. Для организации электроразогрева на строительной площадке оборудуют пост с трансформатором (на-

пряжение на низкой стороне 380 или 220 В), пультом управления и распределительным щитом. Электроразогрев бетонной смеси осуществляют в основном в бадах. Приготовленную смесь (на бетонном заводе), имеющую температуру $5...15^{\circ}\text{C}$, доставляют на строительную площадку, выгружают в электробады, разогревают до $70...80^{\circ}\text{C}$ и укладывают в конструкцию. Чаще всего применяют обычные бады (туфельки) с тремя электродами из стали толщиной 5 мм, к которым с помощью кабельных разъемов подключают провода питающей сети. Для равномерного распределения бетонной смеси между электродами при загрузке бады и лучшей выгрузке разогретой смеси в конструкцию на корпусе бады устанавливают наружный вибратор.

Для разогрева смеси до столь высоких температур за короткий промежуток времени требуются большие электрические мощности. Так, для разогрева 1 м^3 смеси до 60°C за 15 мин требуется 240 кВт, а за 10 мин – 360 кВт установленной мощности.

6.13.4. Обеспечение твердения бетона с комплексными противоморозными добавками

Некоторые химические вещества (хлористый кальций CaCl_2 , углекислый калий – поташ K_2CO_3 , нитрат натрия NaNO_3 и др.), введенные в бетон в незначительных количествах (до 2% от массы цемента), ускоряют процесс твердения в начальный период выдерживания бетона. Так, бетон с добавкой 2% хлористого кальция от массы цемента уже на третий день достигает прочности, в 1,6 раза большей, чем бетон того же состава, но без добавки. Введение в бетон добавок-ускорителей, являющихся одновременно и противоморозными добавками, в указанных количествах понижает температуру замерзания до -3°C , увеличивая тем самым продолжительность остывания бетона, что также способствует приобретению бетоном большей прочности.

Бетоны с добавками-ускорителями готовят на подогретых заполнителях и горячей воде. При этом температура бетонной смеси на выходе из смесителя колеблется в пределах $25...35^{\circ}\text{C}$, снижаясь к моменту укладки до 20°C . Такие бетоны применяют при температуре наружного воздуха $-15...-20^{\circ}\text{C}$, укладывают их в утепленную опалубку и закрывают слоем теплоизоляции. Твердение бетона происходит в результате термосного выдерживания в сочетании с положительным воздействием химических добавок. Этот способ является простым и достаточно экономичным, позволяет применять метод «термоса» для конструкций из бетона на обычных портландцементях.

6.13.5. Искусственный прогрев и нагрев бетона

Сущность метода искусственного прогрева и нагрева заключается в повышении температуры уложенного бетона до максимально допустимой и поддержании ее в течение времени, за которое бетон набирает критическую (или заданную) прочность.

Искусственный прогрев и нагрев бетона применяют при бетонировании конструкций с модулем поверхности¹ более 10, а также и более массивных, если в последних невозможно получить в установленные сроки заданную прочность при выдерживании только способом «термоса».

Физическая сущность *электродного прогрева* идентична рассмотренному выше способу электроразогрева бетонной смеси, т.е. используется теплота, выделяемая в уложенном бетоне при пропускании через него электрического тока. Образующаяся теплота расходуется на нагрев бетона и опалубки до заданной температуры и возмещение теплотерь в окружающую среду, происходящих в процессе выдерживания. Температура бетона при электродном прогреве определяется величиной выделяемой в бетоне электрической мощности, которая должна назначаться в зависимости от выбранного режима термообработки и величины теплотерь, имеющих место при электродном прогреве на морозе.

Для подведения электрической энергии к бетону используют различные электроды: пластинчатые, полосовые, стержневые и струнные.

К конструкциям электродов и схемам их размещения предъявляются следующие основные требования: мощность, выделяемая в бетоне при электродном прогреве, должна соответствовать мощности, требуемой по тепловому расчету, электрическое и, следовательно, температурное поля должны быть по возможности равномерными, электроды следует располагать по возможности снаружи прогреваемой конструкции для обеспечения минимального расхода металла, установку электродов и присоединение к ним проводов (при использовании наружных электродов) необходимо производить до начала укладки бетонной смеси.

В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют пластинчатые электроды (рис. V-54, 1). Они принадлежат к разряду поверхностных и представляют собой пластины из кровельного железа или стали, нашиваемые на внутреннюю, примыкающую к бетону поверхность опалубки и подключаемые к разноименным

¹ Модулем поверхности называется отношение суммы наружных поверхностей F (м²) к ее объему V (м³). $M_n = F/V$. Он характеризует массивность конструкции.

фазам питающей сети. В результате токообмена между противоположными электродами весь объем конструкции нагревается. С помощью пластинчатых электродов прогревают слабоармированные конструкции правильной формы небольших размеров (колонны, балки, стены и др.).

Полосовые электроды изготавливают из стальных полос шириной 20...50 мм, и так же как пластинчатые электроды, нашивают на внутреннюю поверхность опалубки (рис. V-54, 2).

Токообмен зависит от схемы присоединения полосовых электродов к фазам питающей сети. При присоединении противоположных электродов к разноименным фазам питающей сети токообмен происходит между гранями конструкции и в тепловыделение вовлекается вся масса бетона (рис. V-54, а, б). При присоединении к разноименным фазам соседних электродов токообмен происходит между ними (рис. V-54, в). При этом 90% всей подводимой энергии рассеивается в периферийных слоях толщиной, равной половине расстояния между электродами. В результате периферийные слои нагреваются за счет джоулевой теплоты. Центральные же слои (так называемое «ядро» бетона) твердеют за счет начального теплосодержания, экзотермии цемента и частично за счет притока теплоты от нагреваемых периферийных слоев. Первую схему применяют для прогрева слабоармированных конструкций толщиной не более 50 см. Периферийный электродный прогрев применяют для конструкций любой массивности.

Полосовые электроды устанавливают по одну сторону конструкции. Одностороннее размещение полосовых электродов применяют при электродном прогреве плит, стен, полов и других конструкций толщиной не более 20 см.

При сложной конфигурации бетонируемых конструкций применяют стержневые электроды — арматурные прутки диаметром 6...12 мм, устанавливаемые в тело бетона (рис. V-54 (з, д), 3). Наиболее целесообразно использовать стержневые электроды в виде плоских электродных групп (рис. V-54, з). В этом случае обеспечивается более равномерное температурное поле в бетоне.

При электродном прогреве бетонных элементов малого сечения и значительной протяженности (например, бетонных стыков шириной до 3...4 см) применяют одиночные стержневые электроды (рис. V-54, д).

При бетонировании горизонтально расположенных бетонных или имеющих большой защитный слой железобетонных конструкций используют плавающие электроды — арматурные стержни 6...12 мм, втапливаемые в поверхность.

Струнные электроды применяют для прогрева конструкций, длина которых во много раз больше размеров их поперечного сечения (колонны, балки, прогоны и т.п.) (рис. V-54, *е*). Струнные электроды устанавливают по центру конструкции и подключают к одной фазе (рис. V-54, (*е*), 4), а металлическую опалубку (или деревянную с обшивкой палубы кровельной сталью) – к другой (рис. V-54, (*е*), 5). В отдельных случаях в качестве другого электрода может быть использована рабочая арматура.

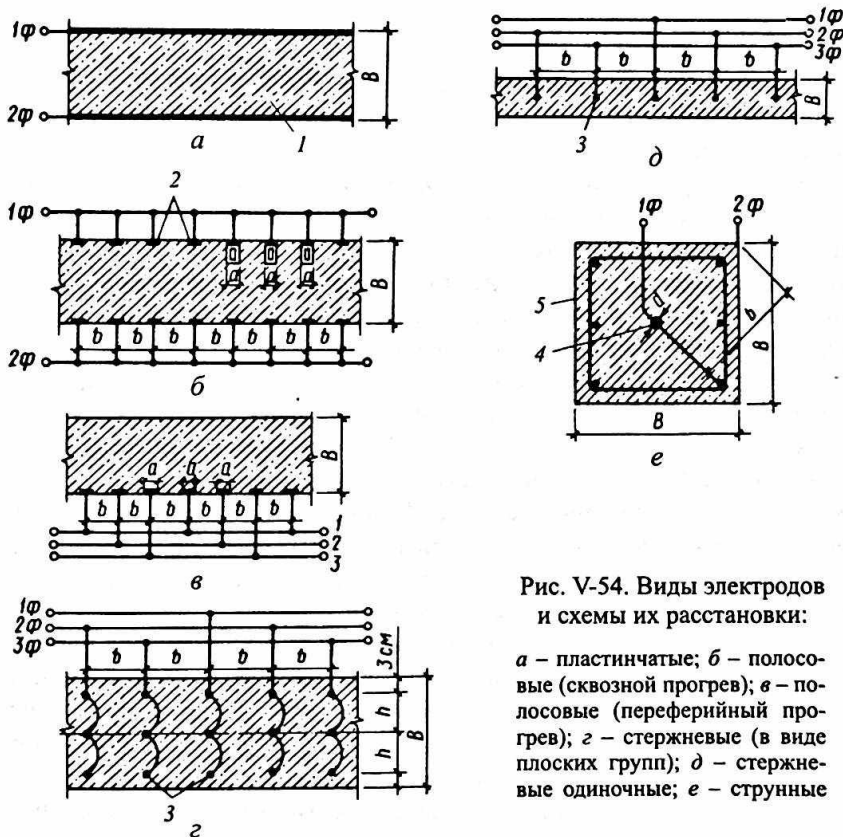


Рис. V-54. Виды электродов и схемы их расстановки:

а – пластинчатые; *б* – полосовые (сквозной прогрев); *в* – полосовые (периферийный прогрев); *г* – стержневые (в виде плоских групп); *д* – стержневые одиночные; *е* – струнные

Количество энергии, выделяемой в бетоне в единицу времени, а следовательно, и температурный режим электродного прогрева зависят от вида и размеров электродов, схемы их размещения в конструкции, расстояний между ними и схемы подключения к питающей сети. При этом параметром, допускающим произвольное варьирование, чаще всего является подводимое напряжение. Выделяемая элек-

трическая мощность в зависимости от перечисленных выше параметров рассчитывается по формулам.

Ток на электроды от источника питания подается через трансформаторы и распределительные устройства. В качестве магистральных и коммутационных проводов применяют изолированные провода с медной или алюминиевой жилой, сечение которых подбирают из условия пропуска по ним расчетной силы тока.

Перед включением напряжения проверяют правильность установки электродов, качество контактов на электродах и отсутствие их замыкания на арматуру.

Электродный прогрев из соображений электробезопасности ведут на пониженных напряжениях в пределах 50...127 В. Усредненно удельный расход электроэнергии составляет 60...80 кВт/ч на 1 м³ железобетона.

Сущность *электрического прогрева* бетонных конструкций заключается в том, что в конструкцию закладываются специальные провода, служащие источником тепла. При этом электрический ток, вызывающий тепловыделение, течет (в нормальном режиме) по изолированным проводам, а не через бетон, как при электродном прогреве. Под системой электрического прогрева бетона понимается комплекс электроустановок, обеспечивающих прогрев бетонных конструкций за счет тепловыделения заложенного в них провода.

Для электрического прогрева используется в основном провод марки ПНСВ различных сечений. Наиболее часто применяют провод Ø1,2 мм, однако в ряде случаев экономичнее оказывается провод Ø1,4 мм. Провод ПНСВ представляет собой стальную жилу в изоляционной оболочке (рис. V-55, в). Жила может быть оцинкована. Изоляционная оболочка изготавливается из полиэтилена или поливинилхлоридного пластика. Исходя из свойств ПНСВ, рабочий ток погруженного в бетон провода следует выбирать в пределах 14...16 А. При этих значениях тока провод ПНСВ способен нормально работать в бетоне, однако на воздухе, из-за худших условий отвода тепла, быстро выходит из строя. Поэтому нагревательные элементы из проводов (ТЭНы) оснащаются так называемыми «холодными концами», т.е. отрезками провода, способного на воздухе выдерживать рабочий ток. Как правило, «холодные концы» выполняются из двух соединенных параллельно отрезков ПНСВ. Длина «холодных концов» выбирается из требований монтажной схемы и составляет, как правило, 0,5...1 м.

По способу включения следует различать одно- и трехфазные ТЭНы.

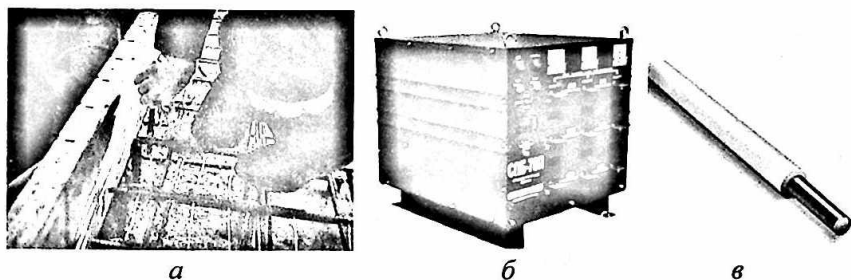


Рис. V-55. Электрический прогрев бетонных конструкций:

а – укладка провода ПНСВ в конструкцию; *б* – станция электрического прогрева бетона; *в* – провод ПНСВ

Первый из них представляет собой отрезок провода ПНСВ, длина которого отмерена так, что при включении под напряжение ток в проводе (погруженном в бетон) составляет 14...16 А. Такой ТЭН обычно именуют «ниткой». Нитка при заготовке оснащается «холодными концами», скрутки изолируются хлопчатобумажной изоляционной лентой.

Второй представляет собой три отрезка провода ПНСВ, соединенных в звезду; длина отрезков отмерена так, что при подключении к трехфазному источнику питания ток в проводах (погруженных в бетон) составляет те же 14...16 А. Такой ТЭН обычно именуется «тройкой». Тройка при заготовке «холодными концами», как правило, не оснащается, единственная скрутка изолируется х/б изоляционной лентой. Отрезки, из которых собирается тройка, имеют длину примерно в $1,73 (\sqrt{3})$ меньше длины нитки.

ТЭНы могут быть рассчитаны на различное напряжение. В случае применения специальных трансформаторных подстанций (рис. V-55, б) рабочее напряжение следует принимать равным 75 В. Возможно также греть небольшие объемы бетона трансформаторами 380/36 В.

Процесс электрического прогрева проводом возможно разделить на отдельные повторяющиеся технологические операции:

1. *Заготовка ТЭНов.*
2. *Монтаж ТЭНов.* Заключается в укладке заготовленных ТЭНов в строительные конструкции, подлежащие прогреву.
3. *Утепление подлежащей прогреву конструкции.* Заключается в создании условий минимального теплообмена бетонной конструкции с окружающей средой.
4. *Подключение ТЭНов к источнику питания.* Заключается в прокладке временных линий электроснабжения от трансформатора

прогрева к ТЭНам, заложенным в прогреваемую конструкцию, и соединении их определенным образом.

5. Включение электрического прогрева и оперативное дежурство (регулярный контроль, изменение степени нагрева, устранение мелких неисправностей).

Укладку ТЭНов в бетонные конструкции следует осуществлять в соответствии с монтажной схемой. ТЭНы крепятся одним концом и растягиваются вдоль арматуры на заданную монтажной схемой длину так, чтобы вывести из бетона «холодные концы» достаточной для подключения длины (рис. V-55, а). Провод должен распределяться по трассе равномерно, так, чтобы не возникало локальных перегревов. Холодные концы следует надежно крепить к каркасу или опалубке, с тем чтобы они не смещались в процессе укладки бетона. Крепление ПНСВ к арматуре следует выполнять так, чтобы не повреждалась изоляция провода и обеспечивалось надежное крепление, например, отрезками (отходами) провода ПНСВ через промежутки 0,5...0,75 м. При монтаже нельзя накручивать ПНСВ на арматуру – в случае необходимости накручивать можно провод «холодных концов». Запрещено допускать пересечение или сближение менее чем на 50 мм провода различных ТЭНов.

Во время монтажа следует обеспечить сохранность как токопроводящих жил, так и изоляции. После монтажа ТЭНов нельзя вести работы на конструкции, способные вызвать их повреждение, например, сварочные работы.

Подключение ТЭНов к источнику питания должно осуществляться квалифицированными электриками в соответствии с монтажной и принципиальной схемой.

При укладке бетона необходимо наблюдать за тем, чтобы уложенные в конструкцию ТЭНы были полностью утоплены в бетоне. Следует помнить о том, что на воздухе провод ПНСВ под действием рабочего тока быстро перегорает и может вызвать возгорание утеплителя.

Контактный (кондуктивный) нагрев. При этом методе используется теплота, выделяемая в проводнике при прохождении по нему электрического тока. Затем эта теплота передается контактным путем поверхностям конструкции. Передача теплоты в самом бетоне конструкции происходит за счет собственной теплопроводности. Для контактного нагрева бетона преимущественно применяют термоактивные (греющие) опалубки и термоактивные гибкие покрытия.

Греющая опалубка имеет палубу из металлического листа или водостойкой фанеры, с тыльной стороны которой расположены электрические нагревательные элементы. В современных опалубках

в качестве нагревателей применяют греющие провода и кабели, сетчатые нагреватели, углеродные ленточные нагреватели и ленточные нагреватели из аморфного металла, токопроводящие покрытия и др. Наиболее эффективно применение ленточных нагревателей. Поверхность изоляции защищена от механических повреждений металлическим защитным чулком. Для обеспечения равномерного теплового потока греющие элементы размещают на расстоянии 10...15 см ветвь от ветви.

Сетчатые нагреватели (полоса сетки из металла) изолируют от палубы прокладкой асбестового листа, а с тыльной стороны опалубочного щита – также асбестовым листом и покрывают теплоизоляцией. Для создания электрической цепи отдельные полосы сетчатого нагревателя соединяют между собой разводящими шинами.

Углеродные ленточные нагреватели и ленточные нагреватели из аморфного металла наклеивают специальными клеями на палубу щита (рис. V-56). Для обеспечения прочного контакта с коммутирующими проводами концы углеродных лент подвергают меднению.

В греющую опалубку может быть переоборудована любая инвентарная с палубой из стали или фанеры. В зависимости от конкретных условий (темпа нагрева, температуры окружающей среды, мощности тепловой защиты тыльной части опалубки) потребная мощность может колебаться от 0,5 до 2 кВт/м². Греющую опалубку применяют при возведении тонкостенных и среднемаассивных конструкций, а также при замоноличивании узлов сборных железобетонных элементов.

Термоэлектроматы – легкое, гибкое устройство со встроенными ленточными нагревателями или греющими проводами, обеспечивающими нагрев до 70 °С (рис. V-57). Основой покрытия является стеклохолст, к которому крепят нагреватели. Для теплоизоляции применяют воздушно-полненный полимер с экранирова-

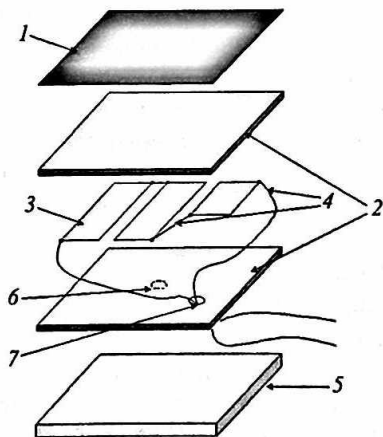


Рис. V-56. Конструкция греющей опалубки:

1 – защитное, износостойкое, влагостойкое покрытие; 2 – влагостойкая фанера 9 мм; 3 – ленточный нагреватель; 4 – соединительные провода; 5 – теплоизолятор; 6 – выборка под установку термодатчика; 7 – выводное отверстие

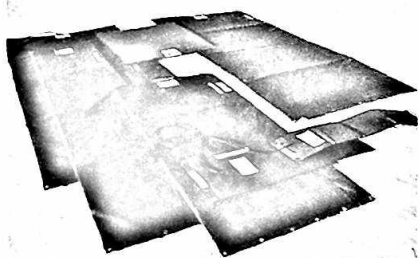


Рис. V-57. Термоэлектроматы

нием — слоем из алюминиевой фольги. В качестве гидроизоляции используют ПВХ-оболочку.

Гибкое покрытие можно изготавливать различного размера. Для крепления отдельных покрытий между собой предусмотрены отверстия (люверсы) для пропуска тесьмы или зажимов. Покрытие можно располагать на вертикальных, горизон-

тальных и наклонных поверхностях конструкций. По окончании работы с покрытием на одном месте его снимают, очищают и для удобства транспортировки складывают в пакеты. Наиболее эффективно применять термоэлектроматы при возведении плит перекрытий и покрытий, устройстве подготовок под полы и др. Термоэлектроматы изготавливают с удельной электрической мощностью 0,3...0,5 кВА/м².

При *инфракрасном нагреве* используют способность инфракрасных лучей поглощаться телом и трансформироваться в тепловую энергию, что повышает теплосодержание этого тела.

Генерируют инфракрасное излучение посредством нагрева твердых тел. В промышленности для этих целей применяют инфракрасные лучи с длиной волны 0,76...6 мкм, при этом максимальным потоком волн данного спектра обладают тела с температурой излучающей поверхности 300...2200 °С.

Теплота от источника инфракрасных лучей к нагреваемому телу передается мгновенно, без какого-либо промежуточного переноса. Поглощаясь поверхностями облучения, инфракрасные лучи превращаются в тепловую энергию. От нагретых таким образом поверхностных слоев тело прогревается за счет собственной теплопроводности.

Для бетонных работ в качестве генераторов инфракрасного излучения применяют трубчатые металлические и кварцевые излучатели. Для создания направленного лучистого потока излучатели заключают в плоские или параболические рефлекторы (обычно из алюминия).

Инфракрасный нагрев применяют при следующих технологических процессах: отоплении арматуры, промороженных оснований и бетонных поверхностей, тепловой защите укладываемого бетона, ускорении твердения бетона при устройстве междуэтажных перекрытий, возведении стен и других элементов в деревянной, металлической или конструктивной опалубке, высотных сооружений в скользящей опалубке (элеваторы, силосы и т.п.) (рис. V-58).

Бетон обрабатывают инфракрасными лучами при наличии автоматических устройств, обеспечивающих заданные температурные и временные параметры путем периодического включения-выключения инфракрасных установок.

При *индукционном нагреве* бетона используют теплоту, выделяемую в арматуре или стальной опалубке, находящихся в электромагнитном поле катушки-индуктора, по которой протекает переменный электрический ток. Для этого по наружной поверхности опалубки последовательными витками укладывается изолированный провод-индуктор. Переменный электрический ток, проходя через индуктор, создает переменное электромагнитное поле. Электромагнитная индукция вызывает в находящемся в этом поле металле (арматуре, стальной опалубке) вихревые токи, в результате чего арматура (стальная опалубка) нагревается и от нее (кондуктивно) нагревается бетон.

Индукционный метод применяют для отогрева ранее выполненных и прогрева возводимых каркасных железобетонных конструкций, бетонируемых в любой опалубке и при любой температуре наружного воздуха.

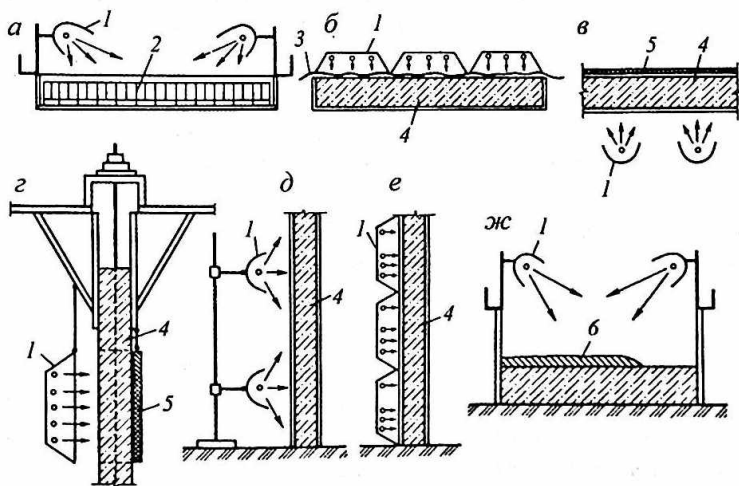


Рис. V-58. Схемы инфракрасного нагрева:

а — обогрев арматуры плиты; б, в — термообработка бетона плиты (сверху и снизу); г — локальная термообработка бетона при возведении высотных сооружений в скользящей опалубке; д, е — термообработка бетона стен; ж — тепловая защита укладываемой бетонной смеси; 1 — инфракрасная установка; 2 — арматура плиты; 3 — синтетическая пленка; 4 — термообрабатываемый бетон; 5 — теплоизолирующий мат; 6 — укладываемая бетонная смесь

6.14. Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата

Условия сухого жаркого климата характеризуются летней температурой наружного воздуха 35...45 °С при относительной влажности 10...25%, интенсивной солнечной радиацией и частыми ветрами. Совокупность воздействия этих климатических факторов приводит к быстрому обезвоживанию (высушиванию) бетона, что замедляет и даже прекращает процессы гидратации цемента. При быстром высушивании бетона прочность его снижается почти на 50% по сравнению с бетонами, твердеющими в нормальных температурно-влажностных условиях. Интенсивное раннее обезвоживание приводит к образованию капилляров, направленных в сторону испаряющей поверхности, что ухудшает поровую структуру бетона и, следовательно, снижает его долговечность. Обезвоживание приводит также к шелушению наружных слоев бетонной конструкции.

Необходимое качество бетона в условиях сухого жаркого климата может быть обеспечено за счет применения таких методов приготовления, транспортирования и ухода за бетоном, которые сводили бы к возможному минимуму его обезвоживание.

При приготовлении бетонной смеси необходимо применять меры, обеспечивающие сохранение требуемой консистенции к моменту укладки в опалубку. Это может быть достигнуто снижением температуры смеси в процессе ее приготовления и принятием мер, исключающих обезвоживание при транспортировании, укладке и выдерживании бетона.

Установлено, что при температуре воздуха до 40 °С и низкой относительной влажности температура бетонной смеси может быть снижена до 20...25 °С путем смачивания охлажденной водой заполнителей, их обдува холодным воздухом при подаче в смеситель, добавлением до 50% льда в массу воды.

Консервация консистенции бетонной смеси может быть достигнута путем введения в бетонную смесь при ее приготовлении поверхностно-активных добавок. Они не только уменьшают обезвоживание смеси, но и пластифицируют ее, снижая водопотребность.

Продолжительность перемешивания бетонной смеси, в условиях сухого и жаркого климата увеличивают на 30...50%. При этом в бетоносмеситель загружают заполнитель, а также 2/3 расчетного количества воды и перемешивают в течение 1...2 мин. Затем добавляют цемент, остальную воду, вводят добавки и вновь перемешивают 3...4 минуты. Готовую бетонную смесь транспортируют в закрытой таре. Для этих целей наиболее подходят автобетоновозы и автобето-

носмесители. Необходимо избегать дальних перевозок смеси, поскольку в процессе транспортирования она обезвоживается и теряет свою подвижность.

Условиям сухого и жаркого климата отвечает следующая схема применения бетонной смеси: загрузка сухой смеси на центральном бетоносмесительном заводе в автобетоносмесителе, перевозка ее в сухом виде к месту укладки, перемешивание в автобетоносмесителях непосредственно у места бетонирования и немедленная укладка в конструкцию.

Опалубка не должна иметь щелей, чтобы исключить потери цементного молока и влаги. Перед укладкой бетонной смеси опалубку увлажняют. Формующую поверхность палубы из влагопоглощающих материалов следует покрывать специальными составами или полимерными пленками, предотвращающими сцепление с бетоном и поглощение из него воды.

Подавать и распределять бетонную смесь следует методами, исключаящими ее многократную перегрузку или быстрое обезвоживание. Например, не рекомендуется подавать смесь с открытых транспортеров и по длинным лоткам и виброжелобам. Наиболее целесообразна подача смеси бетононасосами или в бадьях с помощью кранов. Свободное падение смеси не должно превышать 1,5...2 м. Бетонирование желательно вести непрерывно. В случае перерывов особое внимание следует обращать на качество подготовки рабочих швов. Тщательное виброуплотнение смеси должно обеспечить плотную структуру бетона и снизить испарение воды.

Особое внимание необходимо уделять уходу за бетоном, для чего открытые поверхности свежесделанного бетона покрывают мешковиной, рогожами, брезентом, после укладки бетон через каждые 3...4 ч систематически увлажняют. В отличие от увлажнения бетона в условиях средней полосы при жарком и сухом климате его поливают чаще, а продолжительность процесса увлажнения увеличивают до 28 сут. Бетонные поверхности иногда засыпают песком или влажными опилками с последующим систематическим увлажнением. Там, где позволяют условия, поверхность бетона затопляют водой через 6...12 ч после укладки.

При дефиците воды увлажнение бетона связано со значительными затратами, поэтому целесообразно применять так называемые безвлажные методы ухода за бетоном. К ним относят выдерживание бетона под специальными паронепроницаемыми укрытиями из пленки и покрытие поверхности бетона специальными защитными составами.

Конструкции небольших размеров сразу же после бетонирования покрывают легкими переносными укрытиями, каркас которых выполнен из стальных трубок или стержней диаметром 16...20 мм, а покрытие – из пленки ПВХ толщиной не менее 0,2 мм. Коэффициент заполнения камеры (отношение объема бетонной конструкции к объему камеры) должен быть 0,70...0,85. При обеспечении герметичности под камерой создаются условия, близкие к мягкому режиму пропаривания. Обезвоживание бетона может быть сведено к минимуму и за счет сокращения времени его выдерживания путем интенсификации процесса твердения. Для этого применяют высокоактивные, но малоусадочные цементы, химические добавки – ускорители твердения, а также методы тепловой обработки. Метод тепловой обработки может оказаться наиболее эффективным, так как позволяет не только уменьшить опасность обезвоживания, но и получить необходимую прочность бетона в наиболее короткие сроки. При этом нужно иметь в виду, что после приобретения бетоном 70...80% проектной прочности он не требует в условиях сухого и жаркого климата какого-либо специального ухода.

6.15. Распалубливание конструкций

В комплексном технологическом процессе по возведению монолитных конструкций распалубливание (снятие опалубки) является одной из важных и трудоемких операций: она хотя и требует меньших затрат рабочего времени, чем изготовление или установка опалубки, все же является одним из основных видов опалубочных работ.

От качества распалубливания во многом зависит пригодность опалубочных материалов для дальнейшего использования. При небрежном распалубливании повреждается гладкая поверхность обшивки, ломается каркас, гнутся крепления. В результате для вторичного использования опалубку требуется ремонтировать или даже полностью заменять.

Распалубливание начинают после достижения бетоном требуемой прочности. Так как скорость твердения бетона в основном зависит от температуры наружного воздуха и, кроме того, для разных бетонных конструкций требуется различная прочность, время, через которое производят распалубливание, устанавливают с учетом указанных факторов.

Удаление боковых элементов опалубки, не несущих нагрузки от веса конструкции, допускается только после достижения бетоном прочности, обеспечивающей сохранность поверхности и кромок углов при снятии опалубки, если в проекте сооружения нет иных ука-

заний. Обычно боковые поверхности распалубливают в летнее время через 2...3 сут после бетонирования, а нередко и раньше. Сокращение выдержки бетона в опалубке ускоряет бетонные работы, позволяет быстрее оборачивать опалубку и тем самым эффективнее ее использовать.

Несущую опалубку железобетонных конструкций снимают только после достижения бетоном прочности, обеспечивающей целостность конструкции после распалубливания. Требуемая прочность бетона при распалубливании в зависимости от величины фактической нагрузки на распалубливаемую конструкцию приведена в табл. V-6.

Таблица V-6

Требуемая прочность бетона при распалубливании

Строительные конструкции	Требуемая прочность бетона (в % от проектной) при фактической нагрузке (в % от нормативной)	
	свыше 70	70 и менее
Конструкции с напрягаемой арматурой	100	80
Конструкции, находящиеся в вечномерзлом грунте, и колонны	100	80
Несущие конструкции (балки, ригели, плиты) пролетом 6 м и более	100	80
Несущие конструкции пролетом до 6 м	100	70
Плиты пролетом до 3 м	100	70

Распалубливание железобетонных конструкций и частичное их нагружение могут быть допущены при меньшей прочности бетона, чем указано в табл. V-6, но при прочности не ниже 50% проектной и не ниже 100 кг/см² при применении арматуры классов А240 и А300 и 150 кг/см² – при применении арматуры класса А400.

Стойки и леса, поддерживающие опалубку несущих конструкций, можно удалять при достижении бетоном колонн указанной прочности (см. табл. V-6). Леса и стойки удаляют лишь после снятия боковой опалубки и осмотра распалубленных конструкций и колонн, поддерживающих эти конструкции. Загружать распалубленную конструкцию полной расчетной нагрузкой допускается только после приобретения бетоном проектной прочности.

Удалять опалубку, которая воспринимает вес бетона конструкций, армированных несущими сварными каркасами, допуска-

ется только после достижения бетоном этих конструкций 25% проектной прочности. Массивные конструкции распалубливают в сроки, которые назначаются с учетом необходимого теплового режима твердения массива, предусмотренного проектом сооружения.

Особенная осторожность требуется при распалубливании арок и сводов, тонкостенных конструкций (например, сводов-оболочек), а также балочных конструкций пролетом более 8 м. Внезапное приложение нагрузки от собственного веса (после удаления опалубки и лесов) оказывает на конструкцию действие, аналогичное удару, что может повлечь за собой ее разрушение. Поэтому удалению опалубки вышеупомянутых конструкций должно предшествовать плавное и равномерное опускание поддерживающих лесов. Этот процесс, называемый раскружаливанием, осуществляют, ослабляя клинья, опуская домкратные винты, выпуская песок из цилиндров. Раскружаливание производят в два, три и более приемов в зависимости от длины пролета и веса конструкции.

Опоры, поддерживающие опалубку балочных конструкций, опускают одновременно по всему пролету пропорционально прогибам конструкции от ее собственного веса.

Перед раскружаливанием сводов с затяжками, снабженными муфтами или другими натяжными приспособлениями, вначале натягивают затяжки.

Раскружаливание арок и обыкновенных сводов начинают от замка и ведут симметрично в обе стороны по направлению к пятам.

Раскружаливание перекрытий круглых резервуаров, а также воронок бункеров производят, опуская опоры, расположенные в центре конструкции, и ведут концентрическими рядами по направлению к периметру конструкции. При этом опоры, расположенные по каждому концентрическому ряду, опускают одновременно.

При удалении поэтажных стоек, поддерживающих опалубку забетонированных перекрытий многоэтажных зданий, руководствуются следующими правилами:

- удалять стойки опалубки перекрытия, находящегося непосредственно под бетонируемым перекрытием, не допускается;
- стойки опалубки следующего нижележащего перекрытия можно удалять лишь частично, при этом под всеми балками и прогонами пролетом 4 м и более оставляют «стойки безопасности», расположенные одна от другой на расстоянии не более 5 м;
- стойки опалубки остальных нижележащих перекрытий можно удалять полностью, если прочность бетона этих перекрытий достигла проектной.

При распалубливании применяют набор инструментов, состоящий из кусачек, гаечных ключей и комплекта ломиков трех типов длиной 1; 0,6 и 0,3...0,35 м (рис. V-59). Ломики имеют раздвоенные лапки, служащие гвоздодерами. Большой ломик применяют для выполнения операций, требующих больших усилий (например, отъем прижимных и подкружальных досок); средний – для выбивания клиньев, отъемки щитов, кружал; маленький – для образования щелей между элементами опалубки, в которые потом заводятся ломики больших размеров. На звено из двух рабочих нужен комплект из двух больших ломиков, двух средних и одного маленького.

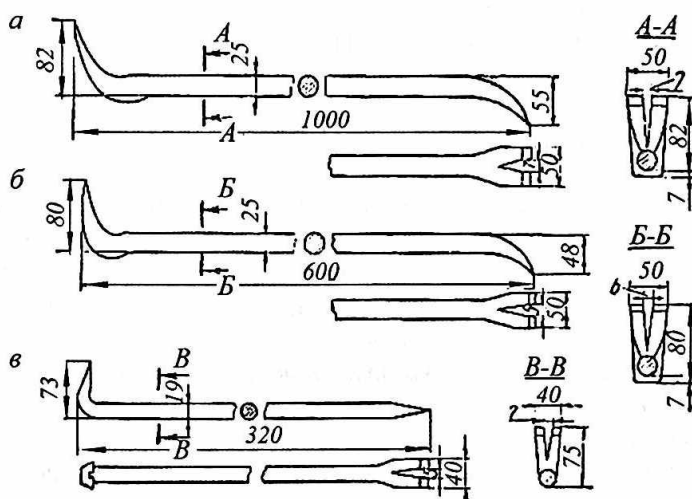


Рис. V-59. Ломики для распалубливания:

а – большой; *б* – средний; *в* – малый

Для сохранения целостности и точной геометрии щитов отрыв от бетонной поверхности производится либо описанными выше специальными распалубочными ломиками или коленчатыми рычагами, которые подвешиваются к крюкам подъемных механизмов. В некоторых системах стальной крупнощитовой опалубки на каркасе щитов предусмотрены специальные места для использования ломиков без повреждения профиля. Особенно аккуратно нужно относиться к щитам с алюминиевым каркасом. Категорически запрещается отрывать такую опалубку от бетонной поверхности грузоподъемными механизмами (захватами), особенно в зимнее время, когда нижнее

основание щитов порой вмерзает в снег и наледь, образовавшиеся на установочной поверхности.

Для облегчения распалубливания в крупнощитовой опалубке стен рекомендуется использовать деревянные доборы или щиты-компенсаторы, которые гораздо легче демонтировать, сняв при этом общее напряжение со щитов. В замкнутых контурах выполнение такого требования обязательно.

Для сокращения сроков работ по демонтажу опалубки стен целесообразно разделять общий объем щитов на отдельные панели (карты). При таком подходе значительно снижаются трудозатраты и продлевается срок службы комплектующих элементов, например, замков. Однако необходимо строго соблюдать следующие правила и последовательность работ:

1. *Строповку карты* следует выполнять, удерживая строп в натянутом состоянии.

2. *Снятие крепежных элементов.* После строповки карты необходимо снять крепежные элементы, соединяющие противоположные или рядом стоящие карты

3. *Отрыв опалубки от бетона.* Отделять опалубку от бетона нужно при образовании угла $5...10^\circ$ между поверхностью стены и картой. Далее опалубку необходимо переместить на монтажную площадку, очистить и смазать. Щиты, объединенные в карты, допускается перемещать только двумя захватами.

4. *Правильная установка захватов.* Захваты крепятся симметрично центру тяжести карты. Угол между стропами не должен превышать 60° .

Оптимизировать трудозатраты при распалубливании позволяют специально разработанные элементы опалубочных систем, такие как: щит-компенсатор, щит шарнирный, щит распалубочный.

6.16. Специальные методы бетонирования

При невозможности или неэффективности применения традиционной технологии бетонирования применяют специальные методы, к которым относятся вакуумирование и торкретирование бетона, подводное бетонирование.

6.16.1. Вакуумирование бетона

Вакуумирование бетона является технологическим методом, позволяющим извлечь из уложенного бетона около $10...25\%$ воды затворения с сопутствующим или дополнительным уплотнением. Метод дает возможность применять бетонные смеси с подвижностью до 10 см, что упрощает и удешевляет их распределение и уплотне-

ние, достигая при этом существенного улучшения физико-механических характеристик затвердевшего бетона, соответствующих пониженному остаточному водоцементному отношению.

В зависимости от типа конструкции вакуумирование производят либо сверху, либо со стороны боковых поверхностей возводимой конструкции. Горизонтальные и пространственные конструкции, например междуэтажные перекрытия, своды-оболочки, полы, вакуумируют сверху, применяя переносные жесткие вакуум-щиты или вакуумные маты (рис. V-60), а стены, колонны и другие развитые по высоте конструкции – со стороны боковых поверхностей, используя для этого вакуум-опалубку.

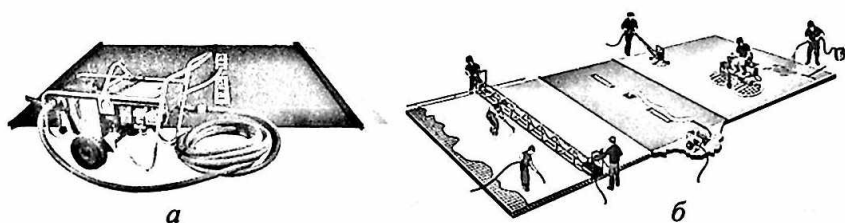


Рис. V-60. Вакуумная обработка бетона:

а – вакуумный насос и вакуумные маты; *б* – последовательность работ при устройстве бетонных полов. Вакуумная обработка позволяет перемещать частицы крупного заполнителя в верхний слой бетонной плиты, увеличивая твердость ее поверхности

Конструктивно *вакуум-щит* представляет собой короб (обычно размером в плане 100×125 см) с герметизирующим замком по контуру (рис. V-61, *а*). Герметизированная коробка верхнего покрытия щита выполняется из стали, водостойкой фанеры или стеклопластика. Снизу щит оборудован вакуум-полостью, непосредственно соприкасающейся с бетоном. Такая полость создается путем прокладки двух слоев металлической тканой и плетеной сеток, прикрепляемых на внутренней поверхности щита. Благодаря изогнутости проволоки сетка в своем сечении образует сообщающиеся между собой мелкие (тонкие) воздушные каналы, которые в сумме и составляют тонкую воздушную прослойку (вакуум-полость).

В настоящее время вместо металлических переходят на использование некорродирующих, легких, штампованных из пластмасс сеток. Во избежание уноса из свежесуложенного бетона цементных частиц вся поверхность сетки, обращенная к бетону, покрывается фильтрующей тканью из нейлона или капрона. Для создания в вакуум-полости разрежения и удаления части воды затворения и воздуха

в центре вакуум-щита установлен штуцер, подсоединяемый через трехходовой кран к источнику вакуума. По периметру вакуум-щит имеет резиновый фартук для герметизации.

Вакуум-мат состоит из двух самостоятельных элементов: нижнего и верхнего. Нижний, укладываемый на бетон, представляет фильтрующую ткань, прошитую с распределительной сеткой из лавсана (см. рис. V-60, рис. V-61, в). Верхний элемент – герметизирующий. Его выполняют из плотной газонепроницаемой синтетической ткани и раскатывают поверх фильтрующего элемента. По продольной оси верхнего элемента расположен отсасывающий перфорированный шланг, подсоединяемый через штуцер к источнику вакуума.

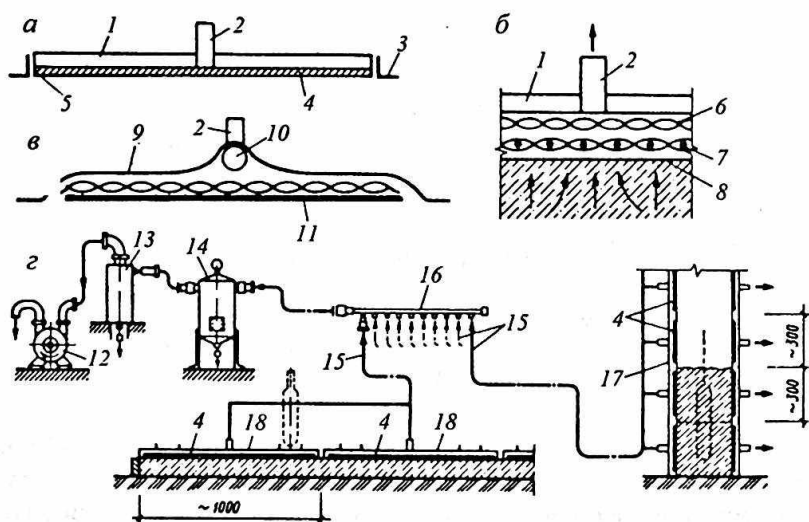


Рис. V-61. Вакуумирование бетона:

а – конструктивная схема вакуум-щита; *б* – схема устройства вакуум-полости; *в* – конструктивная схема вакуум-мата; *г* – схема вакуум-установки и вакуумирования бетона плит и стен; 1 – щит-опалубка; 2 – штуцер; 3 – резиновый фартук; 4 – вакуум-полость; 5 – герметизирующий замок; 6 – плетеная сетка; 7 – тканая сетка; 8 – фильтровальная ткань; 9 – верхний элемент; 10 – отсасывающий шланг; 11 – нижний элемент; 12 – вакуум-насос; 13 – ресивер; 14 – бак-водосборник; 15 – гибкий всасывающий шланг; 16 – коллектор; 17 – вакуум-опалубка; 18 – вакуум-щит

Вакуум-опалубку изготавливают на основе обычной сборно-разборной опалубки. Для этого опалубочные щиты со стороны палубы оборудуют по высоте горизонтальными изолированными друг от друга вакуум-полостями, которые по мере укладки бетонной смеси подключают к источнику вакуума. Вакуум-опалубку

можно также собирать из вакуум-щитов, обеспечивая при этом неизменяемость их положения элементами жесткости и крепежными деталями.

В зависимости от условий вакуумирования бетона – с помощью вакуум-щитов (вакуум-матов) или вакуум-опалубок – физические процессы протекают по-разному.

При вакуумировании бетона вакуум-щитами (вакуум-матами), имеющими возможность перемещения в сторону бетона, одновременно с отсосом воды и воздуха происходит дополнительное статическое уплотнение вследствие разности атмосферного давления и давления в вакуум-полости. При этом величина действующего усилия достигает $7...75 \text{ кН/м}^2$. С удалением от поверхности вакуумирования передаваемое на бетон давление снижается, так как часть нагрузки расходуется на преодоление сил внутреннего трения и развития контактных напряжений в твердой фазе.

6.16.2. Торкретирование

Торкретирование (от лат. *(tec) tor (ium)* – штукатурка и *(con) cret (us)* – уплотненный) бетона – технологический процесс нанесения в струе сжатого воздуха ($0,15...0,35 \text{ МПа}$) на поверхность конструкции или опалубки одного или нескольких слоев цементно-песчаного раствора (торкрет) или бетонной смеси (торкрет-бетон) (в зарубежной практике носит наименование «шприцбетон»). Благодаря большой кинетической энергии, развиваемой частицами смеси, нанесенный на поверхности раствор (бетон) приобретает повышенные характеристики прочности, водонепроницаемости, морозостойкости, сцепления с поверхностями нанесения.

В состав торкрета входят цемент и песок, в состав торкрет-бетона помимо цемента и песка входит крупный заполнитель размером до 30 мм. Растворы или бетонные смеси приготавливают на портландцементях не ниже М400.

Процесс нанесения слоя торкрета (торкрет-бетона) включает две стадии: на первой стадии на поверхности нанесения происходит налипание пластичного слоя, состоящего из раствора с самыми мелкими фракциями заполнителя. Толщина слоя цементного молока и тонких фракций, способного поглотить энергию удара крупных частиц заполнителя и способного удержать крупные частицы, составляет 5...10 мм, на второй стадии происходит частичное проникновение в растворный слой зерен более крупного заполнителя и, таким образом, образование слоя торкрета или торкрет-бетона.

Торкретирование обычно сопровождается потерей некоторого количества материала, отскакивающего от поверхности нанесения –

так называемый «отскок». Величина отскока частиц зависит от условий производства работ, состава смеси, размера крупных частиц заполнителя и кинетической энергии частиц при ударе. В начальной стадии нанесения почти все частицы крупного заполнителя отскакивают от поверхности и только цемент и зерна мелких фракций заполнителя удерживаются на ней. Поэтому первоначально наносимый слой толщиной до 2 мм состоит в основном из цементного теста. По мере увеличения толщины наносимого слоя более крупные частицы заполнителя начинают задерживаться в нем, после чего устанавливается постоянный процент отскока. Количественно величина отскока при торкретировании вертикальных поверхностей составляет 10...20%, а при торкретировании потолочных поверхностей – 20...30%. Уменьшение объема отскока достигается выбором оптимальных скоростей выхода смеси из сопла и расстояния от сопла до поверхности нанесения торкрета или торкрет-бетона.

Торкретирование осуществляют двумя способами: «сухим» и «мокрым» (рис. V-62):

- при *сухом способе* исходная сухая смесь во взвешенном состоянии подается в насадку (сопло), в которую в нужном количестве поступает вода затворения. В сопле происходит перемешивание смеси с последующей подачей ее под давлением сжатого воздуха на бетонируемые поверхности;
- при *мокрой способе* в сопло под давлением сжатого воздуха поступает готовая смесь. В сопле смесь переводится во взвешенное состояние и под давлением наносится на бетонируемые поверхности («пневмобетонирование»).

Сухой способ применяют для нанесения торкрета, а мокрый – для торкрета и торкрет-бетона. Каждый из способов характеризуется своими техническими средствами и особенностями выполнения операций.

Основные технические средства для торкретирования сухими смесями включают агрегат для нанесения смеси, компрессор, сопло, шланги для подачи к соплу сухой смеси, воздуха и воды.

Технологическая последовательность выполнения операций при данном способе такова: загрузка приготовленной сухой смеси в установку, дозированная подача сухой смеси для пневмотранспорта ее по шлангам, транспортирование сухой смеси в струе сжатого воздуха и по шлангам к соплу, дозированная подача в сопло воды под давлением и перемешивание раствора в сопле, нанесение на торкретируемую поверхность готовой смеси, выходящей факелом из сопла с высокой скоростью.

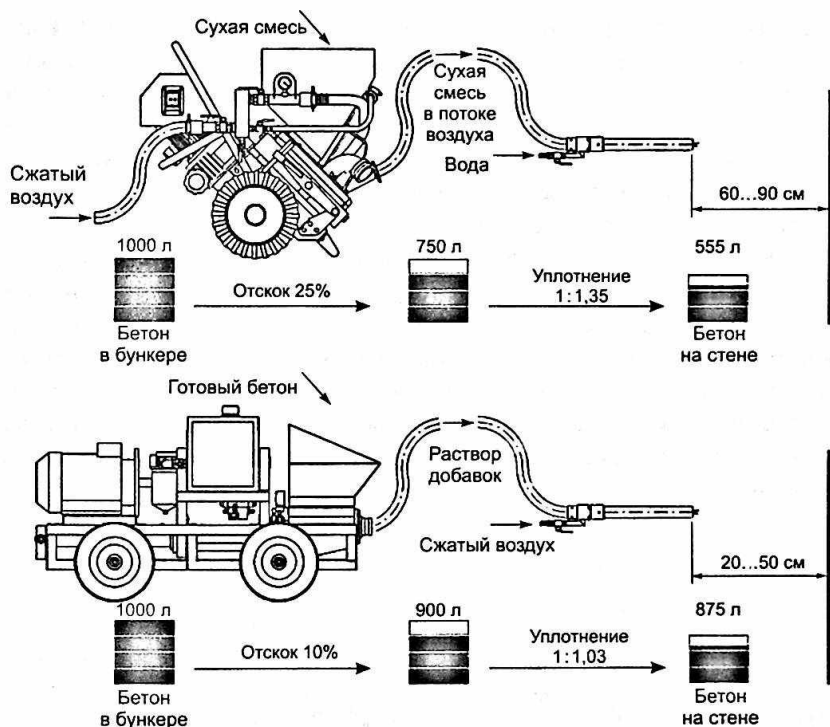


Рис. V-62. Схемы процессов сухого (вверху) и мокрого способов торкретирования

Для торкретирования сухим способом используют чистый песок влажностью не более 6%, модулем крупности 2,5...3 при максимальной крупности отдельных зерен 5 мм (допускается гравий предельной крупностью 8 мм). Диапазон соотношения между массой цемента и песком 1:3...1:4,5. Содержание цемента в торкрете составляет 600...800 кг/м³ при фактическом водоцементном отношении при выходе из сопла 0,32...0,37. При меньшем В/Ц имеют место пыление и недостаточное смачивание сухих составляющих, при больших – оплывание уложенного слоя.

Избыточное давление воздуха в цемент-пушке принимают обычно 0,2...0,3 МПа, что обеспечивает выход из сопла увлажненной смеси со скоростью 100 м/с. Для получения плотного слоя торкрета равномерной толщины сопло при нанесении держат на расстоянии 0,6...1 м от поверхности нанесения, перемещают его круговыми движениями, а струю смеси направляют перпендикулярно ей. Чтобы не допускать всплывания, толщина слоев, одновременно на-

носимых торкретированием, должна быть не более 15 мм при нанесении на горизонтальные (снизу вверх) или вертикальные неармированные поверхности и 25 мм при нанесении на вертикальные армированные поверхности. При наличии нескольких слоев последующий слой наносят с интервалом, определяемым из условия, чтобы под действием струи свежей смеси не разрушался предыдущий слой (определяется опытным путем).

Основными техническими средствами при мокром способе торкретирования являются нагнетатели. В установках «мокрого» торкретирования насосы для подачи бетона могут быть как поршневыми, так и шнековыми. С помощью насоса плотный поток готовой смеси подается к форсунке, куда вводится дополнительный высокоскоростной (130...170 м/с) поток сжатого воздуха, создаваемый внешним компрессором, который служит несущим и направляющим агентом для бетонной смеси.

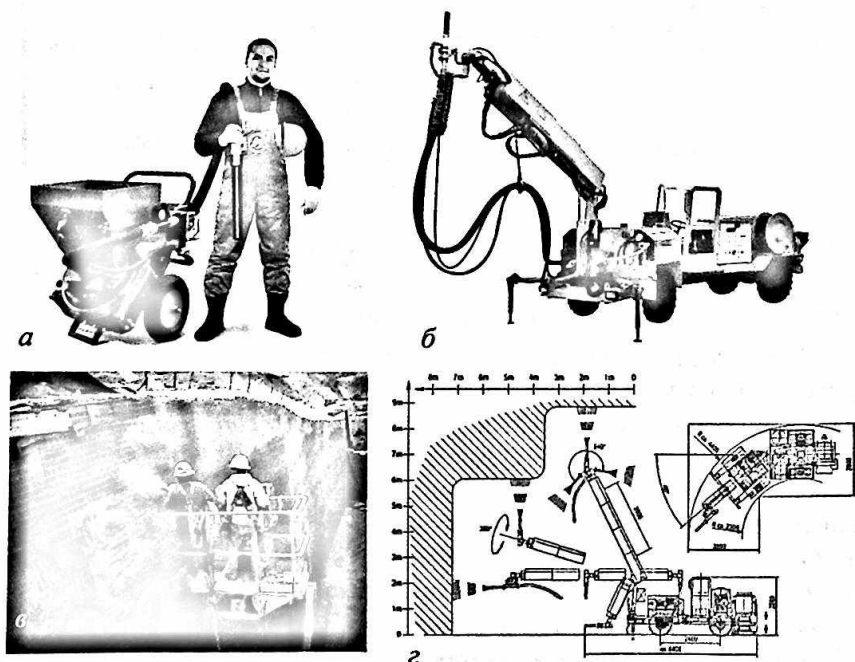


Рис. V-63. Установки для торкретирования:

а – сухим способом производительностью 1,5...8 м³/ч для большинства видов торкрет-работ; *б* – самоходная механизированная универсальная торкрет-установка Sika-PM407 производительностью 4...20 м³/ч для торкретирования мокрым способом; *в* – процесс «мокрого» торкретирования с ручным управлением соплом; *г* – управление соплом с помощью гидроманипулятора установки Sika-PM407

Работы на торкрет-установках с двухпоршневыми гидравлическими насосами должны вести опытные операторы. «Мокрое» торкретирование требует снижения пульсации при перекачке до минимума с целью обеспечения непрерывной подачи смеси в форсунку для ее равномерного и однородного распыления. Для этого применяются различные методы повышения степени заполнения подающих поршней насоса, а также сокращения времени переключения шибера. Машины этого типа могут обеспечивать производительность от 4 до 25 м³/ч, позволяют добавлять в смеси наполнители с размером частиц до 20 мм и используются для ведения масштабного строительства, например, облицовки тоннелей и возведения крупных конструкций.

Существуют также роторные машины, изначально предназначенные для «сухого» торкретирования, которые могут быть использованы и для «мокрого» процесса. Материал подается по шлангу к форсунке давлением сжатого воздуха. Такие установки также позволяют использовать наполнители диаметром до 20 мм и достигают производительности 4...15 м³/ч.

Установки «мокрого» торкретирования требуют бережного обращения, регулярной очистки, удаления неиспользованной смеси и промывки в конце каждого рабочего дня во избежание отвердения остатков бетона во внутренних частях оборудования. Перед использованием все соединения должны быть тщательно герметизированы, внутренние поверхности смазаны.

Преимуществами «мокрого» торкретирования, кроме высокой производительности, являются низкий отскок и заметно меньшее по сравнению с «сухим» процессом пылеобразование, а также возможность использования более дешевых материалов, например, пескоцементной смеси при отсутствии специальных требований к конечному бетонному покрытию или конструкции.

Технологическая последовательность выполнения операций при данном способе такова: загрузка в нагнетатель заранее приготовленной растворной или бетонной смеси, нагнетание готовой смеси по шлангам к соплу, подача к соплу сжатого воздуха, эжектирующего поступающую по шлангам готовую смесь для увеличения скорости ее выхода из сопла, нанесение на торкретируемую поверхность факела готовой смеси.

Для качественного нанесения слоев бетона (раствора) руководствуются следующим: сопло при нанесении смеси располагают перпендикулярно поверхности (допускается отклонение сопла на небольшой угол при заполнении пространства за арматурными стержнями диаметром более 16 мм), оно должно находиться на рас-

стоянии 0,2...0,7 м от рабочей поверхности, чтобы максимально уменьшить «отскок», на вертикальные поверхности смесь наносят снизу вверх, толщина одновременно наносимого слоя не должна превышать 15 мм при нанесении на горизонтальные (снизу вверх) поверхности, 25 мм при нанесении на вертикальные поверхности и 50 мм при нанесении на горизонтальные (сверху вниз) поверхности. При появлении признаков сползания смеси необходимо уменьшить толщину наносимого слоя, при нанесении первого слоя на опалубку или затвердевший бетон используют мелкозернистую смесь, что уменьшает потери материалов на «отскок», толщина этого слоя не должна превышать 10 мм. Для получения ровной поверхности после схватывания последнего нанесенного слоя поверхность дополнительно отделывают раствором на мелком песке, который тут же заглаживают.

Таблица V-7

Сравнительные характеристики сухого и мокрого методов торкретирования

Характеристика	Сухой метод	Мокрый метод
Используемые материалы	Сухой торкрет-бетон, сухой торкрет-раствор	Мокрый торкрет-бетон, мокрый торкрет-раствор
Метод транспортировки	Пневматическая подача	Гидравлическая подача, пневматическая подача
Этап подмешивания	Вода, добавки	Сжатый воздух, добавки
Пылеобразование	Высокое	Низкое
Отскок	Высокий	Низкий
Производительность	Низкая	Высокая
Сечения выработок	Малые	Большие
Потребность в сжатом воздухе	Высокая	Низкая при применении гидравлической подачи
Износ оборудования	Низкий	Высокий
Качество	Среднее	Высокое
Использование смеси	Полное	Остаются остатки бетона
Рекомендация	При небольших объемах работ	При больших объемах работ

Торкретирование в общем случае неконкурентоспособно по сравнению с традиционной технологией бетонных работ. Этот процесс сравнительно дорогой, трудоемкий и малопроизводительный. При-

меняют его при невозможности возвести традиционными методами бетонирования конструктивные элементы толщиной в несколько сантиметров (особенно при применении пневмоопалубок), когда требуется получение материала повышенных свойств, для нанесения тоннельных обделок, при устройстве защитных слоев на поверхности предварительно напряженных резервуаров, для ремонта и усиления железобетонных конструкций, для замоноличивания стыков и др.

Выбор торкрет-установок и компрессорного оборудования обусловлен:

- толщиной слоя торкрет-бетона и объемами работ;
- высотой и дальностью подачи (транспортирования) торкрет-бетона.

Торкрет-установки отличаются:

- по производительности и принципу подачи;
- могут быть стационарными и на шасси;
- самоходные комплексы (тоннельное шахтное оборудование): торкрет-установка на шасси с гидравлической распределительной стрелой (рис. V-63, б).

6.16.3. Подводное бетонирование

Подводное бетонирование – укладка бетонной смеси под водой без предварительного водоотлива. Применяют следующие методы подводного бетонирования: метод вертикально перемещаемой трубы, метод восходящего раствора, укладку бетонной смеси бункерами, метод втрамбовывания бетонной смеси.

При подводном бетонировании (в том числе под глинистым раствором) необходимо обеспечивать:

- изоляцию бетонной смеси от воды в процессе ее транспортирования под воду и укладки в бетонируемую конструкцию;
- плотность опалубки или другого принятого ограждения;
- непрерывность бетонирования в пределах блока бетонирования, рабочего участка, захватки;
- контроль за состоянием опалубки (ограждения) в процессе укладки бетонной смеси и всего периода набора бетоном прочности;
- защищенность от размыва и механических повреждений надводной поверхности уложенной бетонной смеси на время схватывания и твердения.

Метод вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) применяют при бетонировании элементов конструкций высокой прочности и монолитности на глубине до 50 м, защищенных от проточной воды (рис. V-64, а).

В качестве ограждения используют шпунтовые стенки, специально изготовленную опалубку в виде пространственных блоков (ящиков) из дерева, железобетона, металла либо конструкции (плиты-оболочки, опускаемые колодцы и др.). Конструкция ограждения должна быть непроницаемой для цементного раствора. Для производства работ над ограждением устраивают рабочую площадку, на которой устанавливают траверсу. К траверсе подвешивают стальной бетоновод, собираемый из отдельных бесшовных труб длиной 1...1,2 м и диаметром 200...300 мм на легкоразъемных водонепроницаемых соединениях (рис. V-64, а; V-65, а). Сверху бетоновод оборудован воронкой для приема бетонной смеси, снизу – металлическим клапаном, который открывается в момент подачи бетонной смеси. Радиус действия бетонолитной трубы не более 6 м. Число труб, устанавливаемых в заопалубленном пространстве, определяют с учетом обязательного перекрытия всей площади бетонирования круговыми зонами действия труб.

В начале бетонирования трубы опускают до дна с минимальным зазором, допускающим свободный выход смеси. В полость трубы вводят пыж из поролона, завернутого в мешковину, а через загрузочную воронку подают бетонную смесь, под тяжестью которой пыж опускается к основанию трубы и вытесняет из нее воду. Бетонирование без подъема трубы продолжают до тех пор, пока бетонная смесь, заполнив все пространство бетонируемого блока, не поднимется выше конца трубы на 0,8 м при глубине бетонирования до 10 м и не менее чем на 1,5 м при глубине до 20 м. Затем, прекращая подачи бетонной смеси, трубу поднимают с таким расчетом, чтобы нижний ее конец постоянно располагался не менее чем на 0,8...1,5 м ниже поверхности укладываемого бетона.

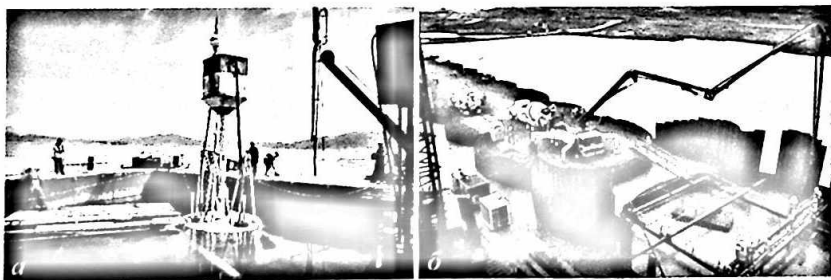


Рис. V-64. Подводное бетонирование методом вертикально перемещаемой трубы:

а – с использованием стального бетоновода с воронкой; б – с использованием автобетононасоса

По окончании подъема трубы на высоту звена бетонирование приостанавливают, демонтируют верхнее звено трубы, переставляют воронку, после чего подачу бетонной смеси возобновляют. Блок бетонируют до уровня, превышающего проектную отметку на величину, равную 2% его высоты, но не менее чем на 100 мм, с последующим удалением слабого верхнего слоя бетона.

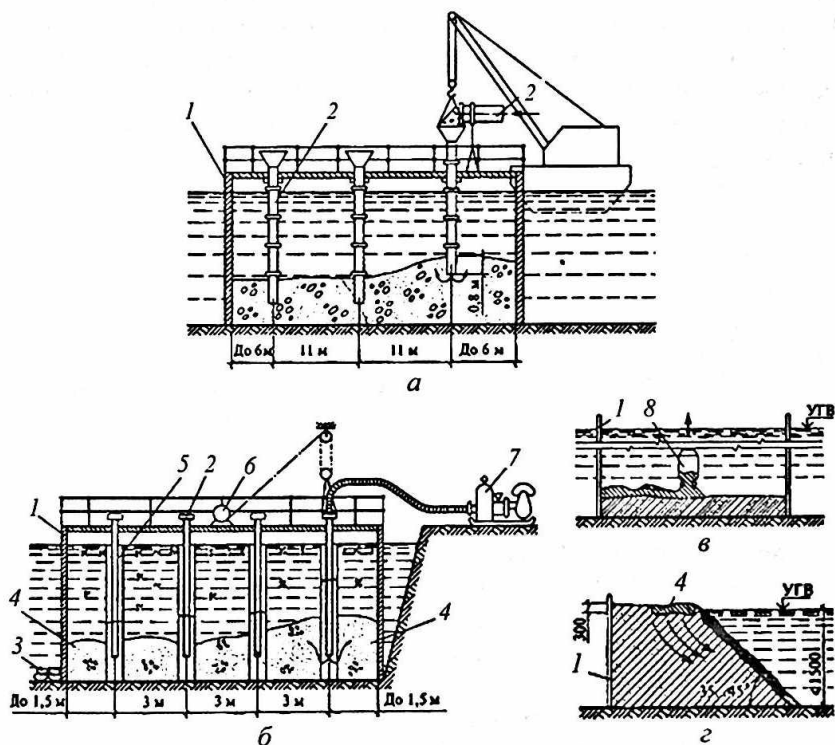


Рис. V-65. Подводное бетонирование методами:

а – вертикально перемещаемой трубы; *б* – восходящего раствора; *в* – укладкой смеси бункерами; *г* – втрамбовыванием бетонной смеси; 1 – ограждение; 2 – труба; 3 – каменисто-щебеночная отсыпка; 4 – раствор (бетонная смесь); 5 – шахта; 6 – лебедка; 7 – растворонасос; 8 – бункер

Бетонирование при небольших глубинах может вестись с использованием автобетононасоса с раздаточной стрелой, оборудованной длинным бетоноводом (хоботом) (рис. V-65, *б*).

По достижении бетоном прочности 2...2,5 МПа верхний слабый слой бетона, непрерывно соприкасающийся с водой во время производства работ, удаляют.

При методе ВПТ применяют бетон класса не ниже В25, бетонную смесь, укладываемую с вибрацией, подвижностью 6...10 см и смесь, укладываемую без вибрации, подвижностью 16...20 см. Приготавливают смесь на гравии или смеси гравия с 20...30% щебня, обязательно вводя пластифицирующие добавки.

Бетонирование стен в грунте и буронабивных свай под защитой глинистого раствора производится не позднее чем через 4 ч после опускания арматурных каркасов в траншею (скважину).

Бетонирование осуществляют методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) с одновременной откачкой вытесняемого бентонитового раствора в емкость или разрабатываемую захватку (рис. V-66).

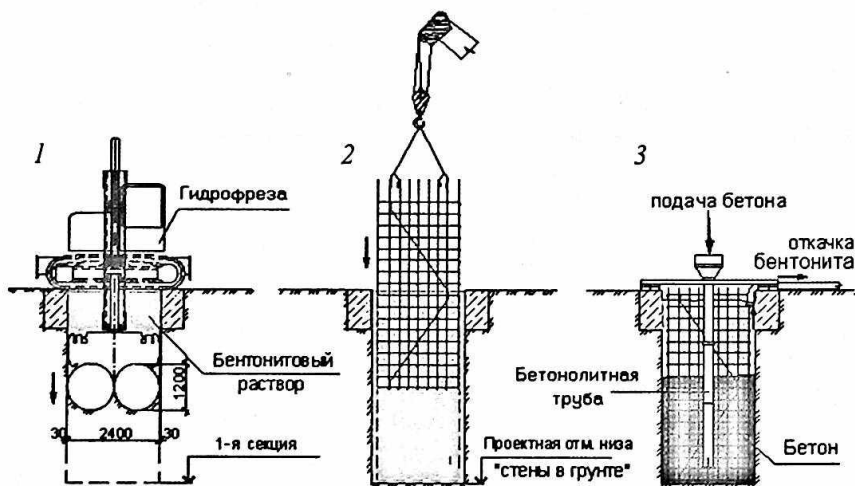


Рис. V-66. Последовательность работ при устройстве стены в грунте траншейным способом под защитой тиксотропного (бентонитового) раствора: 1 – разработка траншеи; 2 – погружение пространственного каркаса; 3 – заполнение траншеи бетоном методом вертикально перемещаемой трубы

Бетонирование каждой очередной секции траншеи следует проводить, не допуская перерывов в подаче бетона.

При бетонировании под глинистым раствором необходимо обеспечивать:

- изоляцию бетонной смеси от глинистого раствора в процессе ее подачи в траншею;
- отсутствие перемешивания с глинистым раствором при укладке;
- непрерывность бетонирования в пределах захватки;
- контроль за технологией в процессе бетонирования.

Траншеи следует бетонировать секциями с применением межсекционных ограничителей. Бетонирование методом ВПТ ведется при помощи сборно-разборной или цельной бетонолитной трубы с внутренним диаметром 250...350 мм. Монтаж сборной бетонолитной трубы включает следующие операции:

- очистку и подготовку звеньев к работе;
- установку опорной рамы на «воротнике» форшахты;
- монтаж става бетонолитной трубы с последовательным наращиванием звеньев при помощи быстросъемных соединений, когда ранее смонтированная часть подвешивается на опорной раме;
- установку и закрепление на трубе приемного бункера емкостью не менее 1,2 объема бетонолитной трубы.

Метод восходящего раствора (ВР) (рис. V-65, б) бывает безнапорным и напорным. При безнапорном варианте в бетонируемый блок устанавливают шахту с решетчатыми стенками, на всю глубину которой опускают стальную трубу $\varnothing 38...100$ мм, собранную из звеньев длиной до 1 м с водонепроницаемыми легкоразъемными соединениями. В заопалубленное пространство отсыпают каменную наброску (крупностью 150...400 мм для бутобетонной укладки и крупностью 40...150 мм для бетонной укладки), пустоты которой заполняют раствором, подаваемым через трубу. Заливку каменной наброски при бутобетонной укладке производят цементным раствором состава 1:1...1:2, а при бетонной – цементным тестом. Цементный раствор и цементное тесто, подаваемое в шахту через трубу, должны свободно растекаться и обволакивать заполнитель. Поэтому для приготовления раствора применяют мелкие пески крупностью зерен не более 2,5 мм и с содержанием не менее 50% частиц не более 0,6 мм. Подвижность раствора должна быть 12...15 см. Радиус действия каждой трубы 2...3 м. Заглублять трубы в укладываемый раствор необходимо на глубину не менее 0,8 м. По мере повышения уровня укладываемого раствора трубы поднимают, демонтируя их верхние звенья. Уровень раствора доводят на 100...200 мм выше проектной отметки. Когда укладка достигнет прочности 2...2,5 МПа, излишек раствора удаляют.

При напорном варианте метода заливочные трубы устанавливают без шахт в каменный или щебеночный заполнитель и через них нагнетают (инъецируют) под давлением цементный раствор (тесто). Метод ВР применяют при укладке бетонной смеси на глубине до 20 м.

При *методе укладки бункерами* (рис. V-65, в) бетонную смесь опускают под воду на основание (или ранее уложенный слой) бетонируемого элемента в раскрывающихся ящиках, бадьях или грейфе-

рах и разгружают через раскрытое отверстие. Закрытые сверху бункеры имеют уплотнение по контуру закрывания, которое препятствует вытеканию цементного теста и прониканию воды внутрь бункера. Бетонную смесь выпускают при минимальном отрыве дна бункера от поверхности уложенного бетона, исключая тем самым возможность свободного сбрасывания бетонной смеси через толщу воды. Метод технологически прост, не требует устройства подмоостей и допускает укладку бетонной смеси на неровное основание с большими углублениями и возвышениями. Однако бетонная укладка характеризуется слоистостью. Метод применяют при глубине до 20 м и если класс укладываемого бетона не выше В20.

Втрамбовывание бетонной смеси начинают с создания бетонного островка в одном из углов бетонируемой конструкции при подаче смеси по трубе или бадье с открывающимся дном (рис. V-65, г). Островок должен возвышаться над поверхностью воды не менее чем на 30 см. Для втрамбовывания применяют бетонную смесь подвижностью 5...7 см. Подводный откос островка, с которого начинают втрамбовывание, должен образовывать под водой угол 35...45° к горизонтали. Новые порции бетонной смеси втрамбовывают в островок равномерно с интенсивностью, не нарушающей процесс твердения уложенного бетона, и не ближе 20...30 см от кромки воды. Этим приемом обеспечивается защита от соприкосновения с водой новых порций бетонной смеси.

Метод применяют при глубине воды до 1,5 м для конструкций больших площадей при классе бетона до В25.

6.17. Контроль качества бетонных и железобетонных работ

При производстве бетонных и железобетонных работ проверяют качество опалубки и правильность ее эксплуатации, геодезическое обеспечение монтажа, соответствие проекту устанавливаемой арматуры, закладных частей и их расположения в конструкции, качество бетонной смеси перед укладкой в конструкцию и в процессе выдерживания и т.д.

Специальные требования предъявляются к геодезическому обеспечению для скользящей опалубки. После определения высшей отметки фундаментной плиты, принимаемой за 0,00 м, проверяют геометрические размеры расположения домкратных рам, вертикальность щитов опалубки и ее конусность. При этом отклонения конусности не должны превышать ± 4 мм. Важным условием качественного ведения работ при бетонировании в скользящей опалубке является геодезический контроль за ее положением в процессе

подъема, который заключается в проверке горизонтальности рабочего пола скользящей опалубки и вертикальности ее движения. Для этой цели используют лазерные системы, обеспечивающие непрерывный контроль за вертикальностью движения опалубки, кручением и деформациями.

Ход бетонирования фиксируют в журнале производства бетонных работ. В него заносят объемы выполненных бетонных работ, даты укладки смеси, время начала и окончания бетонирования каждого участка (блока) сооружения, заданные марки и рабочие составы бетонной смеси, данные паспортов на бетон и арматуру, температуру наружного воздуха во время укладки бетонной смеси и при выдерживании бетона, даты изготовления контрольных образцов и результаты их испытаний на 28-й день, даты распалубки конструкций.

При бетонировании в зимних условиях в журнале указывают также температуру бетонной смеси при выходе из бетоносмесителя в момент укладки и в определенные периоды в процессе выдерживания бетона.

Качество бетонной смеси определяется ее подвижностью, поэтому данный показатель проверяют не реже 2 раз в смену у места ее приготовления и укладки.

Прочность уложенного бетона оценивают по результатам испытаний контрольных образцов на сжатие. Специальные конструкции испытывают на водонепроницаемость и морозостойкость, а при возведении предварительно напряженных железобетонных конструкций дополнительно проверяют прочность раствора для инъектирования в каналы с напряженной арматурой и прочность бетона к моменту передачи на него сжимающих усилий от напрягаемой арматуры.

Контрольные образцы в виде кубов размером $10 \times 10 \times 10$ см изготавливают у мест бетонирования конструкций и хранят в условиях, близких к условиям выдерживания конструкций. Для каждой партии бетона изготавливают серию из трех образцов. Бетон считается выдержавшим испытания, если средняя прочность контрольных образцов будет не ниже 85% проектной.

При необходимости марка бетона может быть установлена и в уже готовой конструкции с использованием неразрушающих механических или физических методов испытаний. Наиболее простым физическим методом определения прочности бетона в готовой конструкции является импульсный ультразвуковой метод, основанный на известном принципе: скорость распространения ультразвука и степень ее затухания функционально связаны с динамическим модулем упругости бетона. Поэтому прочность бетона на сжатие может быть получена и по прямой функциональной зависимости. Таким

методом можно определить прочность бетона с погрешностью не более $\pm 8 \dots 10\%$.

Радиометрическими методами устанавливают степень уплотнения бетонной смеси в процессе ее формирования. Он основан на том, что гамма-лучи, проходя через вещество, теряют интенсивность излучения вследствие поглощения и рассеяния, с увеличением степени уплотнения смеси возрастает поглощение гамма-лучей.

Качество бетона может быть проверено методом СВЧ-поглощения, в котором использован принцип ослабления энергии сверхвысокой частоты при прохождении через контролируемый материал. Применение метода СВЧ-поглощения для контроля качества бетонных работ позволяет также осуществлять автоматический контроль влажности сыпучих материалов.

При производстве бетонных работ в зимних условиях тщательно (не реже чем через 2 ч) проверяют температуру бетонной смеси у места укладки, а при ее приготовлении на приобъектных установках – и у выхода из смесителя.

6.18. Техника безопасности при бетонных работах

Перед началом укладки бетона в опалубку необходимо всегда проверять состояние опалубки и средств подмащивания. Неисправности следует устранять незамедлительно.

Перед укладкой бетонной смеси виброхоботом необходимо проверить исправность и надежность крепления всех звеньев виброхобота между собой и к страховочному канату.

При уплотнении бетонной смеси электровибраторами не допускается перемещать вибратор за токоведущие шланги. При перерывах в работе и при переходах с одного места на другое электровибраторы необходимо выключать.

Рабочие, укладывающие бетонную смесь на поверхности с уклоном более 20° , должны пользоваться предохранительными поясами.

Эстакады для подачи бетонной смеси автобетоносмесителями должны быть оборудованы отбойными брусками. Между отбойным брусом и ограждением должны быть предусмотрены проходы шириной не менее 0,6 м. На тупиковых эстакадах устанавливаются поперечные отбойные брусья.

Емкости (бункеры, бады) для бетонной смеси должны удовлетворять стандартам. Перемещение загруженного или пустого бункера разрешается только при закрытом затворе.

При укладке бетона из бадей или бункера расстояние между нижней кромкой бады или бункера и ранее уложенным бетоном или поверхностью, на которую укладывается бетон, должно быть

не более 1 м, если иное не предусмотрено проектом производства работ.

Ремонт, монтаж и демонтаж бетоноводов, удаление из них пробок допускаются только после снижения в них давления до атмосферного. Во время прочистки (испытания, продувки) бетоноводов сжатым воздухом рабочие, не занятые выполнением этой операции, должны быть удалены от бетоновода на расстояние не менее 10 м.

При бетонных работах в зимнее время необходимо соблюдать следующие правила:

- площадка для электроразогрева бетонной смеси должна иметь специальное ограждение с воротами (или другими закрывающимися проемами) для въезда автотранспорта с бетонной смесью. Посторонним лицам запрещается находиться на площадке;
- корпуса бадей, бункеров и кузовов бетоновозов в процессе электроразогрева бетонной смеси должны быть надежно заземлены;
- к работам по электропрогреву бетона допускаются только рабочие и технический персонал, знающие безопасные методы работы и проинструктированные по вопросам оказания первой помощи при поражении током. Во время работ должны дежурить квалифицированные электромонтеры;
- электропрогрев бетонных и железобетонных конструкций следует производить при напряжении тока не выше 127 В. Напряжение тока в сети 220 В можно использовать для прогрева неармированного бетона, а также отдельно стоящих железобетонных конструкций, не связанных общим армированием с соседними участками, на которых в это время производится работа;
- при электропрогреве бетона и железобетона зона электропрогрева должна быть оборудована надежным ограждением, установленным на расстоянии не менее 3 м от прогреваемого участка, системой блокировок, световой сигнализацией, предупредительными плакатами. На участках электропрогрева и местах установки оборудования для электропрогрева вывешивают предупредительные плакаты с надписями: «Опасно», «Под напряжением» и т.п., а также правила оказания первой помощи при поражении током. В пределах зоны электропрогрева устанавливают сигнальные лампы, загорающиеся при подаче напряжения на линию;
- обслуживающий персонал должен быть дополнительно проинструктирован;

- все рабочие места в ночное время должны быть хорошо освещены;
- на участках, находящихся под напряжением более 60 В, пребывание людей и выполнение каких-либо работ не разрешается. На участках, находящихся под напряжением не более 60 В, можно выполнять электромонтажные работы специальным инструментом с применением диэлектрических перчаток и га-лош;
- незабетонированную арматуру, связанную с прогреваемым участком, следует тщательно заземлить;
- при электропрогреве конструкций в термоактивной опалубке прикасаться к ней нельзя;
- в сырую погоду (при относительной влажности воздуха 90% и более) и во время оттепели все виды электропрогрева бетона на открытом воздухе должны быть прекращены;
- к работам по приготовлению растворов хлористых солей для бетона с противоморозными добавками допускаются лица, обученные безопасным методам работы (хлористые соли опасны для кожи рук) и снабженные спецодеждой, респираторами, очками и перчатками. При укладке бетонной смеси с противоморозными добавками, обладающей повышенной электропроводностью, необходимо тщательно следить за тем, чтобы у проводов, подводящих ток к вибраторам, не была повреждена изоляция.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Вопрос о том, что такое искусство, является одним из самых сложных и спорных. Многие философы и эстетологи пытались дать на него ответ, но до сих пор не достигли единого мнения. Искусство — это нечто такое, что вызывает у нас чувство прекрасного, что возвышает нашу душу, что заставляет нас задуматься о смысле жизни. Искусство — это отражение действительности, но не простое копирование, а творческое переосмысление. Искусство — это язык, на котором говорят великие умы человечества. Искусство — это мост между прошлым и будущим, между разными культурами и народами. Искусство — это то, что делает нашу жизнь более интересной и有意义. Искусство — это то, что заставляет нас чувствовать себя частью чего-то большего, чем мы сами. Искусство — это то, что дает нам надежду на лучшее будущее. Искусство — это то, что делает нас людьми.

Искусство — это не только живопись, музыка, литература, но и архитектура, скульптура, танец, театр, кино, дизайн, мода, спорт, кулинария, садоводство, рыбалка, охота, коллекционирование, и многое другое. Искусство — это везде, где есть творчество и стремление к совершенству. Искусство — это то, что делает нашу жизнь более красивой и интересной. Искусство — это то, что заставляет нас чувствовать себя частью чего-то большего, чем мы сами. Искусство — это то, что дает нам надежду на лучшее будущее. Искусство — это то, что делает нас людьми.

Искусство — это не только то, что мы видим и слышим, но и то, что мы чувствуем и мыслим. Искусство — это то, что заставляет нас задуматься о смысле жизни, о месте человека в мире, о будущем человечества. Искусство — это то, что дает нам силы и勇气, чтобы бороться за свои идеалы и мечты. Искусство — это то, что делает нашу жизнь более интересной и有意义. Искусство — это то, что заставляет нас чувствовать себя частью чего-то большего, чем мы сами. Искусство — это то, что дает нам надежду на лучшее будущее. Искусство — это то, что делает нас людьми.

Искусство — это не только то, что мы делаем, но и то, что мы испытываем. Искусство — это то, что заставляет нас чувствовать себя счастливыми, восторженными, удивленными. Искусство — это то, что дает нам радость и удовольствие. Искусство — это то, что делает нашу жизнь более интересной и有意义. Искусство — это то, что заставляет нас чувствовать себя частью чего-то большего, чем мы сами. Искусство — это то, что дает нам надежду на лучшее будущее. Искусство — это то, что делает нас людьми.

Искусство — это не только то, что мы создаем, но и то, что мы сохраняем. Искусство — это то, что передается из поколения в поколение, что становится частью нашей культуры и истории. Искусство — это то, что делает нас людьми. Искусство — это то, что дает нам надежду на лучшее будущее. Искусство — это то, что делает нас людьми.

Учебное издание

**Михаил Николаевич Ершов
Азарий Абрамович Лапидус
Валерий Иванович Теличенко**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Книга 5. Технологии монолитного бетона и железобетона

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*
Компьютерная верстка: *В.Ю. Алексеев*
Компьют. дизайн обложки: *М.Н. Ершов*

Диалозитивы предоставлены издательством

Подписано в печать 23.11.2015. Формат 60×90 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Усл. 8 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 12831.

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации: оф. 511
тел., факс: (499) 183-56-83

<http://www.iasv.ru>, e-mail: iasv@iasv.ru

Отпечатано в типографии ООО «ТДДС-Столица-8»
тел. 8 (495) 363-48-84
<http://capitalpress.ru>



Ершов Михаил Николаевич
Заслуженный строитель РФ,
профессор, канд. техн. наук



Лапидус Азарий Абрамович
Заслуженный строитель РФ,
профессор, доктор техн. наук



Теличенко Валерий Иванович
Заслуженный деятель науки РФ,
Академик РААСН, профессор,
доктор технических наук

Учебник «Технологические процессы в строительстве» выпущен в новом, современном формате – десять глав, представленные в нем, являются полным курсом дисциплины, но, впервые в нашей стране, изданы отдельными книгами.

Такой подход обусловлен желанием авторов более детально раскрыть изучаемые темы, увеличив объем информации, но, вместе с тем, дать возможность читателю оперативно использовать конкретный изучаемый материал.

На смену громоздким изданиям – многостраничным томам, пришли десять автономных книжек, связанных единой идеологией и подачей материала.

Авторы надеются, что читатели, которыми могут быть и студенты, и специалисты, по достоинству оценят предлагаемый формат и качество материала.