69
Т384

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

АВТОРСКОМУ КОЛЛЕКТИВУ
ЗА УЧЕБНИК
«ТЕХНОЛОГИЯ
СТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА»
ПРИСУЖДЕНА
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРЕМИЯ
УКРАИНСКОЙ ССР
В ОБЛАСТИ НАУКИ
И ТЕХНИКИ 1974 ГОДА

О. О. ЛИТВИНОВ
С. З. АЛЬПЕРОВИЧ
Г. М. БАТУРА
Г. М. ГУРКОВСКИЙ
А. М. КЛИНДУХ
Ю. А. ПИЩАЛЕНКО
Л. М. СЕВЕРИНОВСКИЙ
Н. А. СКРИПНИК
Г. Л. ТАУКАЧ
В. К. ЧЕРНЕНКО

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ ПРОФЕССОРА О. О. ЛИТВИНОВА

Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования УССР
в качестве учебника для студентов
инженерно-строительных вузов
и строительных факультетов

Библиотека
ГашИИТа

КИЕВ
ГОЛОВНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «ВИЩА ШКОЛА»
1977

6С6
Т38

УДК 624.0 : 658.5(075.8)

Технология строительного производства. Изд. 3-е, переработанное. Под общей ред. Литвинова О. О. Киев, издательское объединение «Вища школа», 1977, 456 с.

Книга содержит основные сведения по технике, организации и экономике производственных процессов при устройстве земляных сооружений, оснований и фундаментов, возведении каменных, бетонных, железобетонных и деревянных конструкций, монтаже строительных конструкций, устройстве кровли и изоляции, прокладке инженерных сетей и отделке зданий и сооружений.

Учебник предназначен для студентов инженерно-строительных вузов и строительных факультетов независимо от формы обучения по специальностям: «Промышленное и гражданское строительство», «Городское строительство», «Водоснабжение и канализация». Учебник может быть использован также при подготовке архитекторов и инженеров по специальностям: «Теплогазоснабжение и вентиляция» и «Строительные и дорожные машины».

Книга будет полезна инженерно-техническим работникам промышленного, жилищного, гражданского и санитарно-технического строительства.

Третье издание подготовлено с учетом прогресса, достигнутого в технологии строительного производства и применении новых машин и средств комплексной механизации строительства, а также пожеланий, высказанных в отзывах о первом и втором изданиях учебника.

Табл. 10. Ил. 177. Список лит.: 32 назв.

Редакция литературы по строительству, архитектуре и коммунальному хозяйству
Зав. редакцией *В. В. Гаркуша*

Т $\frac{30204—213}{М211(04)—77}$ 41—77

© Издательское объединение «Вища школа», 1977

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 10

РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глава 1. **Общие положения** 11

§ 1. Общие сведения о строительных процессах (11). § 2. Строительные рабочие (13). § 3. Производительность труда и заработная плата (14). § 4. Строительные нормы и правила (15). § 5. Охрана труда. Противопожарная защита строек (16).

Глава 2. **Особенности индустриальной технологии производства** 16

§ 1. Общие сведения (16). § 2. Сборность зданий и сооружений (17). § 3. Комплексная механизация и автоматизация строительства (17). § 4. Передовой опыт и научная организация труда (19). § 5. Поточность производства (20). § 6. Нормализация и технологическое проектирование (23). § 7. Технико-экономические показатели (24).

РАЗДЕЛ II. ПОДГОТОВКА ПЛОЩАДКИ К СТРОИТЕЛЬСТВУ. УСТРОЙСТВО ДОРОГ. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ 25

Глава 1. **Освоение и оборудование строительной площадки** 25

§ 1. Общие сведения (25). § 2. Снос строений. Очистка территории. Устройство водоотвода (25). § 3. Устройство инженерных сетей для нужд строительства (26). § 4. Размещение временных зданий и сооружений (27).

Глава 2. **Устройство дорог. Транспортирование строительных грузов** 27

§ 1. Общие сведения (27). § 2. Устройство дорог (27). § 3. Средства транспорта. Комплексная механизация транспортных процессов (29).

РАЗДЕЛ III. УСТРОЙСТВО ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ 32

Глава 1. **Общие положения** 32

§ 1. Общие сведения о земляных сооружениях (32). § 2. Основные строительные свойства и классификация грунтов (32). § 3. Определение объемов работ (33). § 4. Общие сведения о способах производства земляных работ (41).

Глава 2. **Разработка грунта при вертикальной планировке площадок** 43

§ 1. Общие сведения (43). § 2. Планировка площадок бульдозерами и скреперами (43). § 3. Планировка площадок экскаваторами (47). § 4. Гидромеханический способ производства работ (49). § 5. Укладка грунта и его уплотнение (52).

Глава 3. **Устройство выемок и насыпей** 53

§ 1. Рытье котлована (53). § 2. Рытье траншей (59). § 3. Устройство подводных траншей (62). § 4. Возведение земляного полотна (63). § 5. Крепление откосов земляных сооружений и берегов (68).

Глава 4. **Водоотлив, водопонижение и искусственное ограждение выемок от грунтовых вод** 70

§ 1. Водоотлив и водопонижение (70). § 2. Искусственное ограждение выемок от грунтовых вод (73).

Глава 5. **Устройство земляных сооружений в зимних условиях** 74

§ 1. Общие сведения (74). § 2. Предохранение грунта от промерзания (74). § 3. Оттаивание мерзлых грунтов (75). § 4. Рыхление и разработка мерзлого грунта (76). § 5. Обратная засыпка, устройство насыпей и подводных траншей (78).

Глава 6. **Организация комплексно-механизированного процесса возведения земляных сооружений** 79

§ 1. Условия работы комплектов машин (79). § 2. Распределение земляных масс при планировке площадки (81). § 3. Организация процесса (83). § 4. Контроль каче-

ства земляных работ и их приемка (85). § 5. Охрана труда при устройстве земляных сооружений (86).

РАЗДЕЛ IV. БУРЕНИЕ И РАЗРАБОТКА ГРУНТОВ С ПОМОЩЬЮ ВЗРЫВОВ 88

Глава 1. **Бурение шпуров и скважин** 88

§ 1. Общие сведения (88). § 2. Бурение шпуров (89). § 3. Бурение скважин (91). § 4. Охрана труда при буровых работах (93).

Глава 2. **Взрывчатые вещества, средства и способы взрывания** 93

§ 1. Взрывчатые вещества (93). § 2. Средства и способы взрывания (94).

Глава 3. **Подрывание грунта и скальных пород** 97

§ 1. Общие сведения (97). § 2. Расчет зарядов (97). § 3. Взрывание на выброс (98). § 4. Взрывание на рыхление (99). § 5. Охрана труда при взрывных работах (101).

РАЗДЕЛ V. УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ 103

Глава 1. **Устройство оснований** 103

§ 1. Уплотнение грунтов (103). § 2. Устройство подушек (105). § 3. Закрепление грунтов (105). § 4. Особенности устройства оснований в зимних условиях (109). § 5. Контроль качества уплотнения и закрепления оснований (109). § 6. Охрана труда при устройстве оснований (110).

Глава 2. **Устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений** 110

§ 1. Виды свай и способы их погружения (110). § 2. Забивка и вибропогружение свай (112). § 3. Безударное погружение свай (115). § 4. Устройство набивных свай (118). § 5. Особенности устройства свайных фундаментов в мерзлых грунтах (122). § 6. Контроль качества свайных фундаментов (123). § 7. Охрана труда при свайных работах (123).

Глава 3. **Фундаменты глубокого заложения** 123

§ 1. Общие сведения (123). § 2. Глубокие буровые опоры (124). § 3. Опоры из тонкостенных сборных оболочек (124). § 4. Устройство фундаментов глубокого заложения методом «стена в грунте» (126). § 5. Устройство опускных колодцев (127). § 6. Погружение кессонов (130). § 7. Особенности устройства фундаментов глубокого заложения в зимних условиях (133). § 8. Контроль качества работ по устройству глубоких фундаментов (133). § 9. Охрана труда при устройстве фундаментов глубокого заложения (133).

РАЗДЕЛ VI. ВОЗВЕДЕНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 135

Глава 1. **Общие положения** 135

§ 1. Общие сведения о видах кладки (135). § 2. Правила разрезки кладки (135). § 3. Растворы для каменной кладки (137).

Глава 2. **Транспортирование материалов** 137

§ 1. Доставка и подача кирпича, камня, крупных блоков и деталей (137). § 2. Транспортирование и подача раствора (139).

Глава 3. **Кладка из кирпича** 139

§ 1. Виды кирпичной кладки (139). § 2. Инструменты и приспособления (143). § 3. Кладка сплошных кирпичных стен (145). § 4. Возведение стен облегченной конструкции (146). § 5. Кладка из огнеупорного кирпича (147). § 6. Организация рабочего места и труда каменщиков (147).

Глава 4. **Кладка из камней правильной формы** 149

§ 1. Применение мелких блоков (149). § 2. Тесовая кладка (151). § 3. Перегородки из искусственных камней (151).

Глава 5. **Кладка камней неправильной формы** 151

§ 1. Бутовая кладка (151). § 2. Бутобетонная кладка (154).

Глава 6. **Возведение фундаментов и стен из крупных блоков** 154

§ 1. Кладка фундаментов и стен подвала (154). § 2. Возведение стен наземной части здания (154).

Глава 7. **Подмости и леса** 156

Глава 8. **Возведение каменных конструкций в зимних условиях** 158

Глава 9. **Организация производства работ** 161

§ 1. Организация процесса кладки и монтажа поэтажных конструкций (161). § 2. Контроль качества и приемка работ (162). § 3. Охрана труда при возведении каменных конструкций (163).

РАЗДЕЛ VII. ВОЗВЕДЕНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 164

Глава 1. **Общие положения** 164

§ 1. Общие сведения о видах бетонных и железобетонных конструкций (164). § 2. Состав комплексного процесса (164). § 3. Влияние климатических условий на технологию работ (165).

Глава 2. **Устройство опалубки** 166

§ 1. Виды опалубки и состав процесса (166). § 2. Разборно-переставная опалуб-

ка (169). § 3. Передвижная катучая опалубка (175). § 4. Опалубка-облицовка и другие виды опалубки (177).

Глава 3. **Заготовка и монтаж арматуры** 178

§ 1. Виды арматуры и состав процесса (178). § 2. Арматурная сталь и полуфабрикаты (179). § 3. Изготовление ненапрягаемой арматуры (180). § 4. Сварка арматуры (182). § 5. Сборка арматурных изделий (183). § 6. Монтаж ненапрягаемой арматуры (184). § 7. Заготовка напрягаемых арматурных элементов (187). § 8. Замена арматуры. Контроль качества работ и приемка смонтированной арматуры (189).

Глава 4. **Приготовление бетонной смеси** 189

§ 1. Виды бетонной смеси. Состав процесса (189). § 2. Дозировочная аппаратура и бетоносмесители (191). § 3. Бетоносмесительные установки (192). § 4. Приготовление бетонной смеси в зимних условиях и в условиях сухого жаркого климата (193).

Глава 5. **Транспортирование бетонной смеси** 194

§ 1. Состав процесса и общие требования (194). § 2. Доставка бетонной смеси автомобильным транспортом (195). § 3. Транспортирование бетонной смеси по трубам (198). § 4. Применение ленточных конвейеров, бетоноукладчиков и мототележек (202). § 5. Использование кранов и подъемников (203). § 6. Особенности транспортирования бетонной смеси в зимних условиях и в местностях с сухим жарким климатом (205).

Глава 6. **Бетонирование конструкций** 205

§ 1. Состав процесса, подготовка к бетонированию (205). § 2. Уплотнение бетонной смеси (206). § 3. Устройство рабочих швов (209). § 4. Особенности бетонирования конструкций (210).

Глава 7. **Специальные методы возведения конструкций** 212

§ 1. Сооружение железобетонных конструкций в скользящей опалубке (212). § 2. Сооружение высоких железобетонных конструкций в подъемно-переставной и объемно-переставной опалубке (217). § 3. Торкретирование и набрызг-бетон (шприц-бетон) (219). § 4. Бетонирование конструкций, находящихся под водой (220). § 5. Технология предварительно напряженных конструкций в построечных условиях (222). § 6. Применение специальных бетонных смесей (224).

Глава 8. **Выдерживание бетона и уход за ним. Контроль качества. Распалубливание и отделка. Приемка работ** 225

§ 1. Выдерживание бетона и уход за ним (225). § 2. Контроль качества бетона (226). § 3. Распалубливание и отделка поверхности бетона (226). § 4. Приемка работ (227).

Глава 9. **Возведение бетонных и железобетонных конструкций в зимних условиях** . 228

§ 1. Особенности бетонирования в зимних условиях (228). § 2. Подготовка к бетонированию. Подача, укладка и уплотнение бетонной смеси (228). § 3. Выдерживание бетона методом термоса (229). § 4. Применение химических добавок (231). § 5. Использование электрической энергии для прогрева бетона (электротермообработка бетона) (232). § 6. Паропрогрев (239). § 7. Применение тепляков (240). § 8. Контроль качества бетона (241).

Глава 10. **Организация комплексно-механизированного процесса возведения монолитных конструкций** 241

§ 1. Выбор комплекта машин (241). § 2. Проектирование поточного производства работ (243).

Глава 11. **Охрана труда и пожарная профилактика при возведении железобетонных конструкций** 246

§ 1. Установка и разборка опалубки. Заготовка и монтаж арматуры. Бетонирование (246). § 2. Производство работ в зимних условиях (247).

РАЗДЕЛ VIII. МОНТАЖ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 248

Глава 1. **Общие положения** . 248

Глава 2. **Машины и оборудование для монтажных работ** 249

§ 1. Монтажные краны и мачты (249). § 2. Выбор монтажных кранов (251). § 3. Такелажное оборудование (254).

Глава 3. **Транспортирование и хранение элементов конструкций** 257

§ 1. Перевозка стальных конструкций (257). § 2. Перевозка железобетонных конструкций (259). § 3. Организация перевозок строительных конструкций (259). § 4. Склады конструкций (260).

Глава 4. **Монтаж конструкций** 261

§ 1. Организационные способы и приемы (261). § 2. Способы механизации (265). § 3. Способы и приемы выполнения монтажных операций (265).

Глава 5. **Монтаж металлических конструкций** 268

§ 1. Монтаж конструкций каркасов зданий (268). § 2. Монтаж листовых конструкций (272). § 3. Окончательное закрепление стыков стальных конструкций (274). § 4. Контроль качества сварных швов (275). § 5. Организация процесса монтажа стальных конструкций (276).

Глава 6. **Монтаж железобетонных конструкций** 277

§ 1. Монтаж конструкций одноэтажных промышленных зданий (278). § 2. Монтаж конструкций многоэтажных каркасных зданий (285). § 3. Монтаж крупнопанельных домов (289). § 4. Монтаж домов из объемных блоков (291). § 5. Монтаж зданий способом подъема перекрытий или этажей (292). § 6. Достижение точности установки элементов (293). § 7. Заделка стыков железобетонных конструкций (296). § 8. Организация процесса монтажа железобетонных конструкций (299). § 9. Контроль качества и приемка смонтированных конструкций (306).

Глава 7. **Охрана труда при монтаже строительных конструкций** 306

§ 1. Подготовка рабочих к монтажным работам (307). § 2. Эксплуатация грузоподъемных машин и такелажных приспособлений (307). § 3. Леса, подмости и ограждения (308). § 4. Монтаж конструкций (308).

РАЗДЕЛ IX. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И МОНТАЖ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 310

Глава 1. **Применение и обработка древесины в строительстве** 310

§ 1. Общие сведения (310). § 2. Обработка древесины (310). § 3. Защита от гниения, древоточцев и возгорания (311).

Глава 2. **Сборка и установка деревянных конструкций** 312

§ 1. Сборка конструкций из брусьев и бревен (312). § 2. Монтаж сборных деревянных домов и конструкций (315). § 3. Установка столярных изделий (317). § 4. Охрана труда и противопожарная защита при устройстве деревянных конструкций (318).

РАЗДЕЛ X. УСТРОЙСТВО КРОВЕЛЬ 320

Глава 1. **Общие положения** 320

Глава 2. **Рулонные и мастичные кровли** 320

§ 1. Кровли из рулонных материалов (320). § 2. Мастичные кровли (323).

Глава 3. **Кровли из штучных материалов** 324

§ 1. Асбестоцементные кровли (324). § 2. Черепичные кровли (325). § 3. Покрытия из стальных листов (327). § 4. Устройство кровли из плит повышенной и полной заводской готовности (327).

Глава 4. **Организация производства работ** 328

§ 1. Организация процессов устройства кровель (328). § 2. Особенности устройства кровель в зимних условиях (328). § 3. Контроль качества и приемка работ (330). § 4. Охрана труда и противопожарная профилактика (330).

РАЗДЕЛ XI. ИЗОЛЯЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 331

Глава 1. **Гидроизоляция и антикоррозионная защита конструкций** 331

§ 1. Общие сведения (331). § 2. Обмазочная и окрасочная гидроизоляция (333). § 3. Литая асфальтовая изоляция и штукатурка (335). § 4. Оклеечная гидроизоляция (336). § 5. Жесткая гидроизоляция (338). § 6. Антикоррозионная защита (341).

Глава 2. **Тепло- и звукоизоляция конструкций** 343

§ 1. Общие сведения (343). § 2. Засыпная теплоизоляция (344). § 3. Мастичная теплоизоляция (345). § 4. Литая теплоизоляция (345). § 5. Обволакивающая теплоизоляция (346). § 6. Сборно-блочная теплоизоляция (347). § 7. Вакуумная теплоизоляция (347). § 8. Обеспечение звукоизоляции конструкций при возведении и отделке зданий (348).

Глава 3. **Организация работ при изоляции строительных конструкций. Охрана труда и пожарная профилактика** 349

§ 1. Организация процессов (349). § 2. Особенности производства изоляционных работ в зимних условиях (349). § 3. Контроль качества и приемка работ по устройству изоляции (349). § 4. Охрана труда и пожарная профилактика при производстве изоляционных работ (350).

РАЗДЕЛ XII. ПРОКЛАДКА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ 352

Глава 1. **Общие сведения** 352

§ 1. Назначение и виды трубопроводов (352). § 2. Виды прокладки труб (352). § 3. Соединения труб и элементы трубопроводов (354). § 4. Индустриальная технология устройства трубопроводов (354).

Глава 2. **Соединение труб** 357

§ 1. Сварка стыков (357). § 2. Сборка раструбных соединений (360). § 3. Монтаж стыков на фланцах (363). § 4. Сборка муфтовых соединений (363). § 5. Контроль качества (365).

Глава 3. **Изоляция труб** 366

§ 1. Устройство гидроизоляционных покрытий (366). § 2. Устройство теплоизоляционных покрытий (372). § 3. Контроль качества изоляции (375).

Глава 4. **Подготовка к прокладке труб** . 378

§ 1. Доставка труб и монтажных элементов (378). § 2. Укрупнение монтажных узлов (380). § 3. Разметка осей трубопроводов и установка крепления (380). § 4. Приемка опор и оснований (381).

Глава 5. **Прокладка труб** . 382

§ 1. Монтаж внутренних трубопроводов (382). § 2. Укладка внешних сетей (383). § 3. Испытание трубопроводов (388). § 4. Окраска трубопроводов (391). § 5. Подключение к действующим сетям (391).

Глава 6. **Прокладка труб в особых условиях** 393

§ 1. Пересечение водных преград (393). § 2. Прокладка труб в болотистой местности (396). § 3. Устройство трубопроводов в просадочных грунтах и сейсмических районах (397). § 4. Прокладка труб по склонам гор и холмов (397). § 5. Прокладка труб в районах вечной мерзлоты (397). § 6. Скрытая прокладка труб под рельсовыми путями (398). § 7. Устройство надземных переходов (398).

Глава 7. **Подземная прокладка труб без вскрытия грунта** . 401

§ 1. Прокол (401). § 2. Продавливание (403). § 3. Горизонтальное бурение (404). § 4. Щитовая проходка (404). § 5. Штольневая проходка (406).

Глава 8. **Организация процессов прокладки труб. Охрана труда** 407

§ 1. Выбор монтажного участка (407). § 2. Организация производственных процессов (408). § 3. Качество и приемка работ (411). § 4. Охрана труда (411).

Глава 9. **Краткие сведения о прокладке электрических и слаботочных сетей. Антикоррозионная защита инженерных сетей** 413

§ 1. Кабельные линии (413). § 2. Прокладка на опорах (413). § 3. Прокладка внутри зданий (413). § 4. Подготовка зданий и сооружений к электромонтажным работам (414). § 5. Индустриализация работ (415). § 6. Прокладка кабелей и навеска проводов (415). § 7. Антикоррозионная защита инженерных сетей (416).

РАЗДЕЛ XIII. ОТДЕЛКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ 419

Глава 1. **Общие положения** 419

§ 1. Общие сведения об отделочных процессах (419). § 2. Подготовка здания к отделке (420).

Глава 2. **Остекление** 420

§ 1. Общие сведения (420). § 2. Заготовительные и транспортные процессы (420). § 3. Вставка стекол и монтаж изделий из стекла (422).

Глава 3. **Отделка штукатуркой** 423

§ 1. Разновидности штукатурок. Структура процесса (423). § 2. Подготовка конструкций к оштукатуриванию (424). § 3. Нанесение штукатурного раствора (424). § 4. Устройство карнизов и отделка поверхностей (426). § 5. Организация процесса (427). § 6. Отделка декоративными штукатурками (428). § 7. Оштукатуривание в зимних условиях (429).

Глава 4. **Облицовка наружных и внутренних поверхностей** 430

§ 1. Разновидности облицовки. Структура процесса (430). § 2. Облицовка фасадов зданий и наружных поверхностей инженерных сооружений (430). § 3. Облицовка внутренних помещений (432).

Глава 5. **Отделка малярными составами, обоями и пленками** 435

§ 1. Общие сведения (435). § 2. Виды малярных составов. Подготовка и окраска поверхностей (435). § 3. Отделка обоями, линкрустом и синтетическими пленками (442). § 4. Декоративная отделка (444). § 5. Комплексная механизация и организация процесса малярной отделки (444). § 6. Приемка и контроль качества малярных работ (446).

Глава 6. **Устройство полов** 447

§ 1. Общие сведения (447). § 2. Подготовка основания, устройство подстилающего слоя и стяжки (447). § 3. Полы со сплошным покрытием (447). § 4. Полы с покрытием из штучных материалов (449). § 5. Полы из досок, паркета и древесностружечных плит (451). § 6. Полы из рулонных материалов (452).

Глава 7. **Охрана труда и пожарная профилактика при отделке зданий и сооружений** 454

Список литературы 455

ВВЕДЕНИЕ

Капитальное строительство — важнейшая отрасль народного хозяйства, обеспечивающая расширение и непрерывное совершенствование основных фондов страны, создание ее материально-технической базы и благоустройство быта трудящихся. В развитии мощной строительной промышленности Советского Союза находит выражение общая политика индустриализации страны, неуклонно проводимая Коммунистической партией и Советским правительством.

Объем капитального строительства в СССР характеризуется высокими показателями. Только за пятилетие с 1971 по 1975 гг. построено свыше 11 млн. квартир и индивидуальных домов общей площадью 544 млн. $м^2$, значительное количество гражданских зданий и различных сооружений.

В последние годы строительство переведено на более совершенные принципы планирования и экономического стимулирования, которые позволили включить в действие многие резервы, упорядочить проектно-сметное дело, улучшить качество возводимых зданий и сооружений. Основным показателем для оценки работы строительных организаций принят ввод в действие производственных мощностей и объектов.

В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» предусматривается обеспечить существенное сокращение сроков строительства, расширения и реконструкции предприятий и объектов путем концентрации капитальных вложений, материальных и трудовых ресурсов, повышения уровня индустриализации и совершенствования организации строительного производства.

Интенсивно развивается в нашей стране наука о строительном производстве.

Технология строительного производства представляет собой совокупность знаний в области техники, организации и экономики производственных процессов, осуществляемых на строительных площадках.

Развитие технологии строительства в условиях быстрого технического прогресса предъявляет новые требования к подготовке инженеров-строителей. Полученные в вузе знания должны соответствовать не только уровню, достигнутому в отрасли, но и в определенной степени перспективам дальнейшего ее развития.

Отличительной особенностью настоящего учебника является то, что предметом изучения служат комплексы строительных процессов, предназначенные для создания определенных видов строительной продукции — частей зданий или сооружений. В книге рассмотрены принципы поточной организации строительства, разработанные школой поточников, основоположником которой был заслуженный деятель науки и техники доктор техн. наук проф. М. С. Будников.

В учебнике изложена технология устройства земляных сооружений и фундаментов, возведения каменных, бетонных, железобетонных и деревянных конструкций, монтажа строительных конструкций, устройства кровли и изоляции, прокладки инженерных сетей и отделки зданий и сооружений. Значительное место уделено технологии производства работ в зимних условиях и намечены перспективы дальнейшего совершенствования основных строительных процессов, определяемые научным прогнозированием развития строительства в целом.

Методика пользования учебником предусматривает, что, в соответствии с действующей по той или иной специальности программой, студенты обстоятельно изучают основные разделы учебника. В то же время некоторые разделы, главы или параграфы, не предусмотренные программой для данной специальности, можно опускать или изучать в сокращенном объеме.

Учебник написан коллективом кафедры технологии строительного производства Киевского инженерно-строительного института.

Введение, разд. I, II, VII и XIII написаны О. О. Литвиновым; разд. III — Г. М. Батурой и В. К. Черненко; разд. IV — Л. М. Севериновским; разд. V — А. М. Клиндухом; разд. VI — Н. А. Скрипником; разд. VIII — С. З. Альперовичем; разд. IX и X — Ю. А. Пищаленко; разд. XI и XII — Г. Л. Таукачем и Г. М. Гурковским. В подготовке иллюстраций для учебника принимали участие ассистенты В. И. Терновый, Г. А. Хохлачева, А. М. Катющенко, которым авторы выражают свою признательность.

Авторы благодарны рецензенту доктору техн. наук, проф. Б. В. Прыкину за ценные замечания, которые были учтены при подготовке учебника к переизданию.

РАЗДЕЛ I

ОСНОВЫ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глава 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

Строительство является отраслью производства, охватывающей процессы, связанные с возведением зданий и сооружений, их ремонтом и реконструкцией, а также разборкой и передвижкой.

Строительными процессами называют производственные процессы, протекающие в пределах строительной площадки (например, экскавация грунта, монтаж сборных конструкций, окраска стен и пр.).

В любом строительном процессе применяют предметы и орудия труда. К предметам труда относятся строительные материалы (камень, сталь, стекло и др.), полуфабрикаты (бетон, раствор), детали и изделия (элементы каркаса, оконные и дверные блоки), готовые конструкции (стропильные и мостовые фермы, колонны, балки и др.). С помощью орудий труда — строительных машин, ручных и механизированных инструментов — рабочие воздействуют на предметы труда.

В строительстве используются также вспомогательные устройства и приспособления. Вспомогательные устройства предназначены для обеспечения необходимого положения в пространстве рабочих, предметов и орудий труда. К ним относятся леса, подмости и др. Приспособления, например причалки, порядовки, кондукторы для сборки каркаса здания и другие, служат для придания заданной формы и размеров продукции.

Количество полученной строительной продукции выражают в определенных единицах измерения (штуках, кубических и квадратных метрах и т. п.). Качество этой продукции должно отвечать требованиям проекта и техническим условиям.

По сложности выполнения строительные процессы делят на рабочие операции, простые и сложные (комплексные) рабочие процессы (рис. I.1).

Рабочей операцией называется технологически однородный и организационно неделимый элемент строительного процесса, выполняемый постоянным составом рабочих при сохранении неизменных предметов и орудий труда, материалов и деталей, машин, инструментов и приспособлений.

Каждая операция состоит из рабочих приемов, которые, в свою очередь, делятся на *рабочие движения.*

Рабочую операцию может выполнять один рабочий или группа согласованно действующих рабочих — звено.

Рабочим (простым) ***процессом*** называется совокупность технологически связанных рабочих операций, например монтаж блоков, сборка перекрытий из панелей, выполняемых одним и тем же рабочим или одним и тем же составом исполнителей (звеном, бригадой).

Сложным (комплексным) ***процессом*** называется совокупность рабочих процессов, находящихся во взаимной организационной зависимости и связанных единством конечной продукции. Например, комплексными являются процессы возведения монолитных железобетонных конструкций, монтаж сборных конструкций и др.

По технологическим признакам строительные процессы подразделяют на заготовительные, транспортные и монтажно-укладочные.

Заготовительные процессы предназначены для изготовления строительных изделий

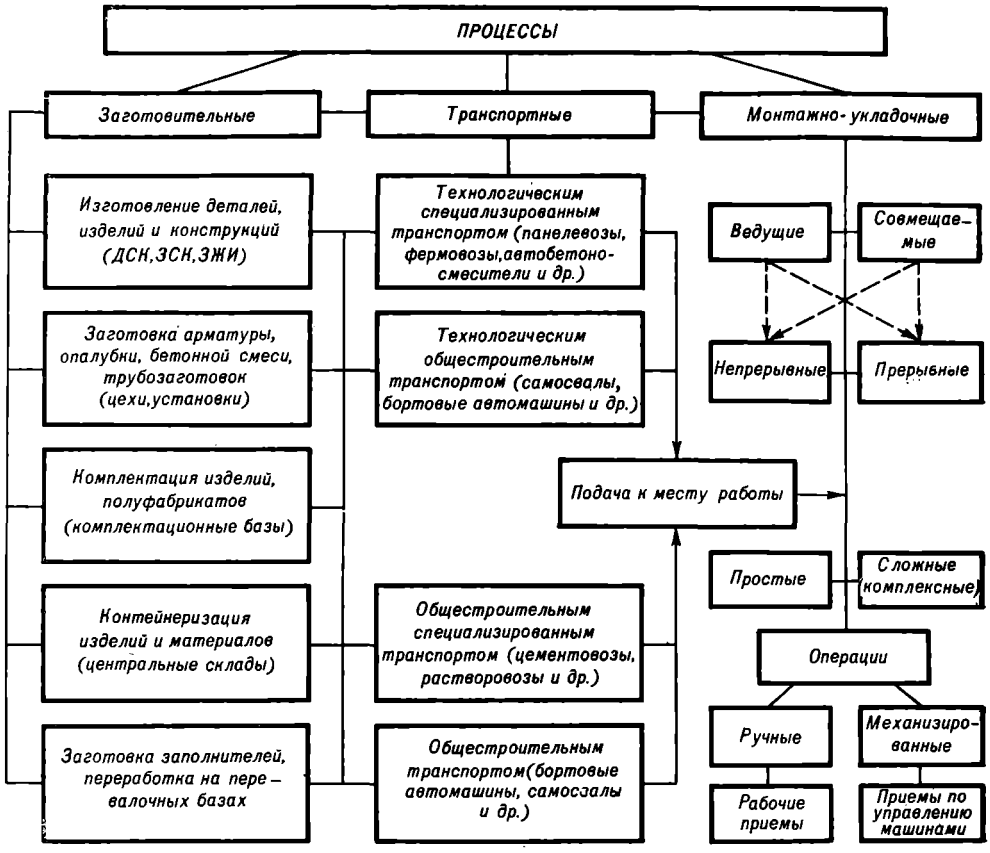


Рис. I.1. Разновидности строительных процессов.

и полуфабрикатов (бетонной смеси, раствора, арматуры, сборных деталей и конструкций) или повышения степени их готовности, а также укрупнения элементов конструкций. Эти процессы обычно выполняют на специализированных предприятиях.

Транспортные процессы, осуществляемые общестроительным и технологическим транспортом, делятся на две группы. К первой относится доставка материалов и изделий на склады строительной площадки либо к монтажному крану; ко второй — перемещение их непосредственно к рабочим местам. Транспортные процессы второй группы всегда сопровождают монтажно-укладочные работы и являются составной частью технологии возведения зданий (см. рис. I.1).

Монтажно-укладочные процессы, выполняемые во время строительства объекта, заключаются в переработке, изменении формы или положения предметов труда, результатом чего является конечная продукция — отдельные части здания или сооружения.

Монтажно-укладочные процессы могут быть о с н о в н ы м и (кладка стен, монтаж конструкций, отделочные работы) и в с п о м о г а т е л ь н ы м и (устройство подмостей, установка опалубки). К общестроительным относят работы по устройству котлованов, возведению фундаментов, стен, перекрытий, кровель и т. п., а к специальным — устройство санитарно-технических систем, прокладку инженерных сетей, изоляцию, монтаж оборудования и др.

В зависимости от характера производства процессы бывают непрерывные и прерывные. В н е п р е р ы в н ы х п р о ц е с с а х (таких как кладка, монтажные и другие работы) производственные операции протекают незамедлительно одна за другой. Их продол-

жительность определяется лишь организационными соображениями. Прерывные процессы сопровождаются перерывами, обусловленными свойствами укладываемых в дело материалов и особенностями технологии: выдерживанием бетона, сушкой штукатурки, покраски и пр. Прерывные процессы затягивают работы, поэтому в случаях, когда это экономически целесообразно, их заменяют непрерывными (мокрую штукатурку — облицовкой, монолитные конструкции — сборными и т. д.).

По значению в производстве различают ведущие и совмещаемые процессы. Ведущие входят в непрерывную технологическую цепь производства, их продолжительностью определяется длительность всего цикла постройки объекта. Совмещаемые процессы осуществляют параллельно с ведущими.

Для выполнения каждого строительного процесса надо организовать рабочие места.

Рабочим местом называется пространство, в пределах которого перемещаются участвующие в строительном процессе рабочие и размещаются предметы и орудия труда, вспомогательные устройства, приспособления и продукция. Рабочее место должно быть удобным для расположения средств производства и беспрепятственного осуществления трудовых движений, а также обеспечивать безопасность исполнителей.

Участок, выделяемый одному рабочему или звену, называется *делянкой*, а участок, который отводят бригаде,— *захваткой*. Размеры делянки и захватки должны обеспечить достаточный фронт работ и условия для высокопроизводительного и безопасного выполнения заданий звеном и бригадой в течение продолжительного времени, во всяком случае не меньше рабочей полусмены, чтобы не терять времени на переходы к новому месту работы.

§ 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОЧИЕ

Строительных рабочих различают по профессиям (специальностям) и квалификации.

Профессия определяется видом выполняемых строительных процессов: бетонщики выполняют бетонные работы, каменщики — каменные и т. д. Специальность определяет более узкую специализацию по данному виду работ, например: плотник-опалубщик, столяр-краснодеревщик и т. д.

Для ведения строительства нужны рабочие с разным уровнем подготовки, т. е. разной квалификации. Установлено шесть квалификационных разрядов, оцениваемых тарифными коэффициентами, которые показывают, во сколько раз тарифная ставка рабочего данного разряда выше ставки рабочего первого разряда:

Разряд	I	II	III	IV	V	VI
Тарифный коэффициент	1	1,125	1,266	1,427	1,602	1,803

Тарификационные разряды присваивают согласно правилам, изложенным в «Едином тарифно-квалификационном справочнике работ и профессий рабочих, занятых в строительстве и на ремонтно-строительных работах». В справочнике помещены характеристики семидесяти одной профессии рабочих-строителей и перечислены сведения об объеме требуемых знаний и профессиональных навыков: рабочий должен уметь читать чертежи, знать технологию процесса и правила проверки его качества, правила техники безопасности, выполнять работы заданной сложности и пр.

Подготовка кадров для строительства организована в профессионально-технических училищах. Переподготовка рабочих с целью повышения их квалификации проводится в учебных комбинатах строительных организаций (технических школах, учебных пунктах).

Для рационального использования труда рабочих надо, чтобы каждый из них выполнял работу, соответствующую его квалификации. Поэтому при осуществлении рабочих операций, требующих участия нескольких исполнителей, их организуют в звенья из двух-трех и более человек. Действия звеньев должны быть согласованы. Из звеньев составляют специализированные или комплексные бригады, возглавляемые бригадиром — опытным рабочим V или VI разряда.

Специализированные бригады комплектуют из 25—30 человек одной и той же или смежных специальностей (бригада паркетчиков, бригада маляров, включающая и обойщиков, и т. д.) для выполнения простых

процессов. Специализация благодаря многократному выполнению одних и тех же операций способствует быстрому приобретению членами бригады производственных навыков и мастерства.

Комплексные бригады из 40—50 человек предназначены для выполнения сложных процессов — кладки кирпичных стен, монтажа сборных конструкций и т. п.

Преимуществом комплексных бригад является заинтересованность всех рабочих в конечных результатах труда, что способствует большей согласованности и слаженности в работе. Такие бригады, например для монтажа крупнопанельных зданий, комплектуются из звеньев различных специальностей: монтажников, сварщиков, изолировщиков, бетонщиков и крановщиков. В настоящее время в ряде строительных трестов организованы бригады конечной продукции и бригады подрядного метода, выполняющие, согласно аккордному заданию, весь комплекс работ по возведению наземной части крупнопанельного здания.

§ 3. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА И ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА

Производительность труда — важнейший показатель, имеющий народнохозяйственное значение,— является основным критерием для оценки трудовой деятельности.

В строительстве производительность труда рабочих определяется их выработкой, т. е. количеством строительной продукции, выпущенной за единицу времени (обычно за 1 *ч* или рабочую смену).

Уровень производительности труда можно характеризовать также затратами рабочего времени на единицу строительной продукции, которые регламентируются официальными нормами времени и расценками, издаваемыми в виде справочников, называемых «Едиными нормами и расценками на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы» (ЕНиР).

Нормой выработки называется количество доброкачественной продукции (в штуках, метрах, квадратных и кубических метрах, тоннах), которую должен выпустить за единицу времени при данных средствах труда рабочий соответствующей профессии и квалификации в условиях правильной организации производства и труда.

Норма времени — это количество рабочего времени, достаточное при данных средствах труда для изготовления единицы доброкачественной продукции рабочим соответствующей профессии и квалификации в условиях правильной организации производства и труда. Норма времени измеряется в человеко-часах (*чел.-ч*). Если она установлена на звено, то календарная продолжительность работ (в часах) определяется делением нормы времени на число исполнителей в звене.

Организация строительного процесса должна создавать наиболее благоприятные условия для роста производительности труда, повышения выработки и снижения затрат рабочего времени на единицу продукции. При этом следует создавать условия, уменьшающие утомляемость рабочих и обеспечивающие безопасность их труда. Повышение производительности труда уменьшает трудоемкость работ и позволяет выполнить намеченный объем строительства меньшим числом рабочих.

Оплата труда рабочих в строительстве производится по сдельной или повременной системам. Введены также сдельно-премиальная, аккордная и повременно-премиальная системы оплаты, а также оплата труда по методу бригадного подряда.

Сдельная оплата предусматривает оценку труда в зависимости от объема выполненной работы и не учитывает степени выполнения норм выработки и затрат времени.

Исчисление заработной платы рабочих производят на основании следующих тарифных ставок:

Разряд . . .	I	II	III	IV	V	VI
Часовая ставка, коп.	43,8	49,3	55,5	62,5	70,2	79

Расценки рассчитывают по формулам:

$$Р = СН_{вр}; \quad (I.1)$$

$$Р = С/Н_{выр}. \quad (I.2)$$

где С — часовая тарифная ставка рабочего; $Н_{вр}$ — норма времени, *чел.-ч*; $Н_{выр}$ — норма выработки за 1 *ч*.

Тарифные ставки исполнителей, занятых на тяжелых работах или при вредных условиях труда, повышаются на 8%, а на особо тяжелых и работах с особо вредными условиями — на 17%.

При расчете расценок на работы, выполняемые в зимних условиях, учитывают территориальный коэффициент, величина которого, принимаемая от 1,1 до 1,45, зависит от температурной зоны, времени года и группы работ.

Перед началом работ бригаде выдают наряд, в котором указывают их объем, состав и характер, метод и срок выполнения, нормы и расценки на единицу продукции, общую стоимость и трудоемкость. Наряды закрывают после окончания и приемки задания. Оплата труда рабочих специализированных и комплексных бригад ведется за всю произведенную ими продукцию, а распределяется соответственно фактически отработанному времени и тарифному разряду каждого члена бригады.

Сдельно-премиальная система оплаты труда производится за выполнение задания к установленному календарному сроку (или досрочно) с начислением премии за сокращение нормативного времени при условии соответствия работ чертежам, Строительным нормам и правилам (СНиП) и Техническим условиям (ТУ).

Для стимулирования высокого качества работ при выполнении аккордного задания размеры премии за каждый процент сокращения нормативного времени составляют при отличном качестве работ до 3% и при оценке «хорошо» — до 2% сдельного заработка по аккордному наряду.

Аккордные задания, в том числе и по методу бригадного подряда, устанавливают для бригад, звеньев и отдельных рабочих на объем работ в целом по зданию или сооружению либо по принятым укрупненным показателям — секции дома, этажу, квартире и т. п.

Повременная оплата, исчисляемая в зависимости от проработанного времени (рабочий день, месяц), применяется в случаях, когда нет сдельных норм выработки на данный вид работ, а также при оплате труда лиц, обслуживающих машины, или оплате дежурных рабочих.

Условия премирования повременщиков распространяются преимущественно на персонал, обслуживающий машины, а также на лиц, занятых устройством электропроводок и сетей, от которых зависит выполнение плана участка. Размер премий — до 20—40% тарифной ставки.

Кроме указанных премий, предусмотрено премирование рабочих за ввод в действие важнейших объектов строительства в срок и досрочно. Максимальный размер премий не должен превышать 40% месячного сдельного заработка.

§ 4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

Основные нормативные документы, регламентирующие строительство в СССР и имеющие законодательный характер, издаются в виде «Строительных норм и правил» (СНиП), утверждаемых Госстроем СССР.

Нормы и правила содержат указания и обязательные требования к производству всех видов строительных процессов. Соблюдение этих указаний и требований обеспечивает надлежащее качество и наименьшие затраты труда и ресурсов при возведении зданий и сооружений.

В СНиП приводится современная технология выполнения процессов, правила контроля качества, приемки работ с указанием допускаемых отклонений, правила техники безопасности и др.

Технология комплексных процессов в разные времена года имеет отличительные особенности. В зимнее время многие строительные работы — кладку, бетонирование, штукатурку — надо вести с учетом влияния отрицательных температур наружного воздуха, в летнее — с учетом воздействия горячего сухого воздуха, весной и осенью следует считаться с ненастьем, дождями и их последствиями. Поэтому в специальных инструкциях содержатся указания об

особенностях производства работ в разные времена года и в особых климатических условиях.

§ 5. ОХРАНА ТРУДА. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА СТРОЕК

Создание безопасных и здоровых условий, облегчающих труд и способствующих его высокой производительности, является основой советского трудового законодательства, закрепленной в Кодексе законов о труде (КЗоТ).

Мероприятия по профилактике травматизма в строительстве предусматривают создание безопасной техники, т. е. условий труда, исключающих аварии и несчастные случаи; внедрение мер, предупреждающих профессиональные заболевания и обеспечивающих личную безопасность и профессиональную гигиену рабочих.

Правила техники безопасности на строительно-монтажных работах, имеющие силу закона, изложены в СНиП III-А.11-70 «Техника безопасности в строительстве». Знание научно-теоретических и практических положений по охране труда в строительстве обязательно для инженера, который как технический администратор непосредственно отвечает за безопасные условия труда подчиненного ему персонала.

К работам допускаются только лица, прошедшие инструктаж и показавшие знания, предусмотренные «Типовыми программами по обучению рабочих безопасным методам труда и проверке знаний инженерно-технических работников по технике безопасности в строительстве».

Администрация обязана принимать меры к улучшению условий труда, санитарно-бытового и медицинского обслуживания работников. Для этих целей на каждой стройке ежегодно выделяют определенные ассигнования.

В качестве **руководства по противопожарной защите** новостроек разработаны «Правила пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ». В них изложены требования к проектированию и осуществлению строительных генеральных планов с указанием размеров безопасных проездов и разрывов между сооружениями, пользованию огнеопасными материалами, средствами пожаротушения и связи, правила их содержания и эксплуатации и др. Начальник строительства и участка, прораб, мастер, бригадир, ответственные за пожарную безопасность стройки, должны контролировать, как соблюдаются правила, и своевременно устранять малейшие недостатки.

В случае угрозы возникновения пожара органы государственного пожарного надзора имеют право приостановить строительство.

Глава 2

ОСОБЕННОСТИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Современное строительное производство развивается на принципах индустриализации, в чем проявляется общая техническая политика — развитие и совершенствование на базе высшей техники всего социалистического народного хозяйства.

Индустриализация строительства означает перевод его на методы стационарного промышленного производства. Иными словами, в нашей стране идет непрерывное превращение строительного производства в процесс механизированной поточной сборки зданий и сооружений из конструкций, элементов и узлов заводского изготовления.

Принципам индустриализации подчинены все стадии строительства — от проектирования до монтажа и отделки зданий и сооружений, в результате чего повышается производительность труда, снижаются сроки и стоимость работ и улучшается их качество.

Особенности современного индустриального строительства: *сборность зданий и сооружений при изготовлении деталей и элементов на заводах и специализированных установках; комплексная механизация и автоматизация строительства; научная организация тру-*

да: поточность производства; нормализация и технологическое проектирование.

Каждый из перечисленных факторов существенно влияет на эффективность строительства, но полный технический и экономический эффект достигается при условии комплексной реализации всех их в процессе проектирования и возведения зданий и сооружений.

§ 2. СБОРНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Решающим в развитии сборного строительства в СССР явился 1954 год, когда было принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства». Созданная в СССР промышленность по производству сборного железобетона обеспечила реальные условия для повышения степени сборности зданий и сооружений.

Так, в 1976 г. на заводах, полигонах, домостроительных (ДСК) и заводостроительных (ЗСК) комбинатах было изготовлено более 117 млн. $м^3$ железобетонных конструкций. В 1975 г. удельный вес полносборного строительства по сравнению с 1970 г. возрос в два раза и доведен в промышленном строительстве до 35 и в жилищном до 45,5% общего объема.

Снижение трудоемкости строительных работ обеспечивается вынесением за пределы строительной площадки многих процессов по заготовке и отделке полуфабрикатов и изделий, механизацией работ, сокращением числа выполняемых операций. Снижение стоимости строительства достигается высокомеханизированным изготовлением полуфабрикатов и изделий в заводских условиях, уменьшением расхода материалов, механизацией и повышением степени сборности строительства и уменьшением его трудоемкости.

Применение монтажных машин большой грузоподъемности позволяет укрупнять сборные элементы, что сокращает монтажные операции и ускоряет строительство.

В результате всех этих мероприятий улучшается также качество строительства.

Переход ДСК на новую гибкую технологию производства позволяет обеспечить выпуск комплектов деталей жилых домов различной протяженности, этажности и отделки. При этом предусматривается возможность быстрой переналадки оборудования и оснастки заводов и перестройки их технологии для выпуска новых типов деталей. Увеличивается выпуск типовых унифицированных конструкций для возведения промышленных и гражданских зданий по экономичным индивидуальным проектам.

§ 3. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Применяемая технология строительного производства основана на выполнении строительных процессов с помощью машин. Парк строительных машин, находящихся в распоряжении строительных организаций СССР, очень велик. Он включает более 140 тыс. экскаваторов, 41,5 тыс. скреперов, почти 137 тыс. бульдозеров и 156 тыс. различных кранов.

Но несмотря на насыщенность строек машинами, около 50% рабочих все еще выполняют различные операции вручную. Вытеснение ручного труда — важнейшая государственная задача, стоящая перед строителями. Она будет решена в результате внедрения более совершенных машин и улучшения степени их использования, комплексной механизации и автоматизации строительных процессов наряду с широким применением сборных конструкций.

Структура парка строительных машин улучшается вследствие создания размерных рядов машин, увеличения их мощности, маневренности и повышения износостойкости. В новом размерном ряду строительных башенных кранов имеются краны, предназначенные для монтажа зданий высотой до 30 этажей. Грузоподъемность гусеничных кранов будет доведена до 160 *т*, пневмоколесных — до 100 *т*, а автомобильных (с отдельным двигателем хода) — до 63 *т*. Значительно увеличится выпуск мощных бульдозеров с двигателями 315—500 *квт*, самоходных скреперов с ковшами емкостью 40 $м^3$ и скоростью передвижения до 70 *км/ч* и других машин.

Библиотека ТашИИТа

В перспективе — выпуск кранов с телескопически выдвигающимися стрелами грузоподъемностью до 1000 *т*, скреперов с ковшами емкостью 50 *м*³ и т. п.

Особое значение приобретает комплексная механизация, являющаяся решающим фактором повышения производительности труда.

Комплексная механизация—это метод производства строительных работ, когда все технологические операции определенного процесса (основные и вспомогательные) выполняются при помощи комплекта машин и средств малой механизации, увязанных между собой по технологическому назначению, техническому уровню и производительности, что обеспечивает заданный темп работ и оптимальные технико-экономические показатели.

В каждом таком комплекте имеется одна или несколько ведущих машин, с помощью которых выполняются основные операции. По ведущей машине определяют производительность комплекта, его состав и организацию процесса в целом*.

Например, при комплексной механизации земляных работ в процессе устройства котлована ведущей машиной, определяющей производительность комплекта, является экскаватор. По его производительности и другим параметрам выбирают комплектующие машины — автосамосвалы для отвозки грунта, бульдозеры для планировки дна котлована, бульдозеры и катки для работ на отвале грунта и др.

В дальнейшем предусматривается переход от комплексной механизации отдельных видов работ к комплексной механизации возведения объекта в целом (здания, сооружения) с помощью динамичной, изменяющейся во времени в зависимости от ряда факторов, системы машин, т. е. совокупности строительных машин, транспортных средств, механизированного инструмента и вспомогательного оборудования, сформированной на основе технологических требований строительства с учетом перспектив его развития.

Основными показателями экономической эффективности механизации строительных процессов являются себестоимость, трудоемкость и продолжительность работ.

К дополнительным показателям относятся: затраты электроэнергии и топлива на единицу продукции; удельные показатели массы машин, их металлоемкости и мощности на часовую производительность; выработка машины или комплекта машин на одного рабочего; годовая производительность машины или комплекта машин; срок их службы. Дополнительные показатели используют при сравнении новых и старых методов выполнения механизированных процессов.

Автоматизация в строительстве развивается в двух направлениях.

Первое направление — внедрение автоматизированных систем управления строительством (АСУС), предназначенных для регулярного решения основных задач производственно-хозяйственной деятельности строительных организаций. Такие системы разрабатываются и уже работают в ряде крупных стройобъединений, например Главмосстрое, Главленинградстрое и Главкиевгорстрое. Кроме того, более 468 АСУС введено в строй в генподрядных организациях.

Автоматизированные диспетчерские работают уже в течение ряда лет на многих домостроительных комбинатах. Они обеспечивают контроль и обработку информации, регулируют изготовление деталей, транспортные и другие операции, подачу деталей на монтажные участки. В ближайшем будущем все домостроительные и заводостроительные комбинаты намечается оборудовать автоматизированными диспетчерскими.

Второе направление — автоматизация машин и строительных процессов. Строительные машины (краны, экскаваторы, бульдозеры, земснаряды и др.) оборудуют средствами автоматического управления и регулирования режима работы. Внедряются также комплексная автоматизация на установках с непрерывным процессом

* Обычно производительность вспомогательных машин и механизмов превышает производительность ведущей машины на 20—25%. Желательно выбирать машины универсального применения.

(бетонных и растворных заводах, транспортных средствах и др.), аппараты и приборы автоматического контроля качества продукции и учета работы машин.

§ 4. ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ И НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА

В строительстве проводится огромная работа по совершенствованию приемов труда в многообразных строительных процессах, по обобщению и распространению **передового опыта.** Во многих областях строительства сформировались новые методы и приемы труда, совершенно не похожие на прежние. В приемах кирпичной кладки, например, за последние 50 лет произошло значительно больше изменений, чем за всю тысячелетнюю историю ее существования.

Совершенствование приемов труда заключается также в том, что исключаются непроизводительные рабочие движения, приводящие к физической усталости. Внедряются наиболее удобные инструменты и приспособления.

Повышению производительности труда способствует и целесообразное распределение работы между отдельными исполнителями — членами звена (бригады) — в соответствии с их квалификацией и опытом, а также с учетом особенностей используемой техники. Одновременно на каждом рабочем месте улучшаются условия и режим труда, чтобы они в наибольшей мере соответствовали психологическим свойствам человека. При этом систематически улучшается обслуживание рабочих мест (бесперебойность подачи материалов и изделий; смена инструментов и приспособлений, инвентаря; освещенность; связь; охранно-защитные и профилактические мероприятия и др.).

Наряду с этим совершенствуется нормирование труда, принимаются меры к укреплению трудовой дисциплины, повышению квалификации и творческой активности работников, воспитанию у них коммунистического отношения к труду как первой жизненной потребности человека.

Все эти меры, реализуемые с учетом новейших достижений физиологии, гигиены, психологии, социологии и экономики труда, эстетики и эргономики, технического нормирования и конкретной технологии, трудового права и профессиональной педагогики составляют **научную организацию труда,** систематически проектируемую и целенаправленно внедряемую на рабочих местах всех рабочих-строителей, служащих, техников, инженеров.

Научный подход к решению задач постоянного повышения производительности труда, сохранения здоровья и работоспособности каждого работника, всестороннего развития его личности составляет отличительную особенность научной организации труда в социалистическом производстве и обществе.

При научной организации труда возникающие проблемы стремятся решать, опираясь на разработанные наукой и апробированные практикой рекомендации, отвергая субъективные и случайные предложения. Это позволяет постоянно совершенствовать все предметы, средства, методы, условия и режимы труда, повышать квалификацию исполнителей и эффективность их работы, рационально использовать рабочее время, улучшать качество продукции, экономить ресурсы производства.

Система отбора наиболее эффективных методов организации труда и повсеместное их распространение на основе применения карт трудовых процессов для массового обучения всех работающих является существенным элементом научной организации труда.

Научная организация труда является важной составной частью комплексного процесса организации производства — совокупности технических, технологических, организационно-хозяйственных и экономических мероприятий, обеспечивающих постоянное соблюдение принятой технологии производства при своевременной и комплектной поставке всех материально-технических ресурсов и целесообразной расстановке работников. Систематическое совершенствование организации труда активно способствует эффективному развитию всего строительного производства, а рациональная организация производства содействует значительному улучшению организации

труда, росту его производительности и качества.

Именно поэтому в Законе Союза Советских Социалистических Республик «О Государственном пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» среди главных заданий в области капитального строительства наряду с повышением эффективности капитальных вложений и другими требованиями поставлена задача улучшения и совершенствования организации строительного производства. Осуществление всего комплекса предусмотренных партией и правительством мероприятий должно обеспечить в текущем пятилетии повышение производительности труда в строительстве на 30,3%.

§ 5. ПОТОЧНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Сущность строительного потока можно пояснить схемами, приведенными на рис. I.2. Допустим, задано построить m одинаковых зданий. Строительство их может быть организовано последовательным, параллельным или поточным методами.

Последовательным методом (рис. I.2,*а*) предусматривают возведение каждого следующего здания после окончания предыдущего; параллельным (рис. I.2,*б*) — одновременную постройку всех зданий; поточный метод (рис. I.2,*в*) является сочетанием последовательного и параллельного.

При последовательном методе продолжительность постройки зданий

$$T = mT_{ц}, \qquad (I.3)$$

где m — число зданий; $T_{ц}$ — длительность производственного цикла.

При параллельном методе продолжительность строительства зданий соответствует длительности одного производственного цикла $T_{ц}$, но интенсивность потребления ресурсов q увеличивается в m раз.

Поточное возведение m зданий требует меньшего времени, чем последовательное ($T < mT_{ц}$), и интенсивность потребления ресурсов будет меньше, чем при параллельном методе.

Для создания строительного потока надо производственный процесс строительства расчленить на составляющие процессы, разделить их между исполнителями, обеспечить производственный ритм и максимально совместить во времени выполнение составляющих процессов.

Развитие строительного потока графически изображают в виде *циклограммы* (рис. I.2,*г*). По оси абсцисс откладывают время, по оси ординат — единицы строительной продукции (здания, участки или захватки). Технологический процесс, расчлененный на n составляющих процессов, изображен наклонными линиями.

Каждый поточно выполняемый составляющий процесс называют частным потоком.

Сочетание ряда последовательно включаемых и параллельно выполняемых частных потоков составляет строительный поток.

Продолжительность частного потока t выражается зависимостью

$$t = mk, \qquad (I.4)$$

где k — модуль цикличности (продолжительность частного потока на данной захватке).

Закономерность строительного потока имеет такой вид:

$$T = k(m + n - 1), \qquad (I.5)$$

где n — число частных потоков, входящих в строительный поток.

В качестве *захватки* принимают одинаковые одноэтажные здания, типовую жилую секцию на этаже многоэтажного жилого дома, а при строительстве промышленных объектов — унифицированную типовую секцию или пролет цеха между температурными швами.

Поточное производство характеризуется равномерным выпуском продукции, определяющим мощность (интенсивность) производства. *Интенсивность потока* выражается объемом продукции, выпускаемой за единицу времени. Так, интенсивность частного потока

$$i = O_{р}/t = O_{р}/(mk), \qquad (I.6)$$

где $O_{р}$ — объем работ на m захватках.

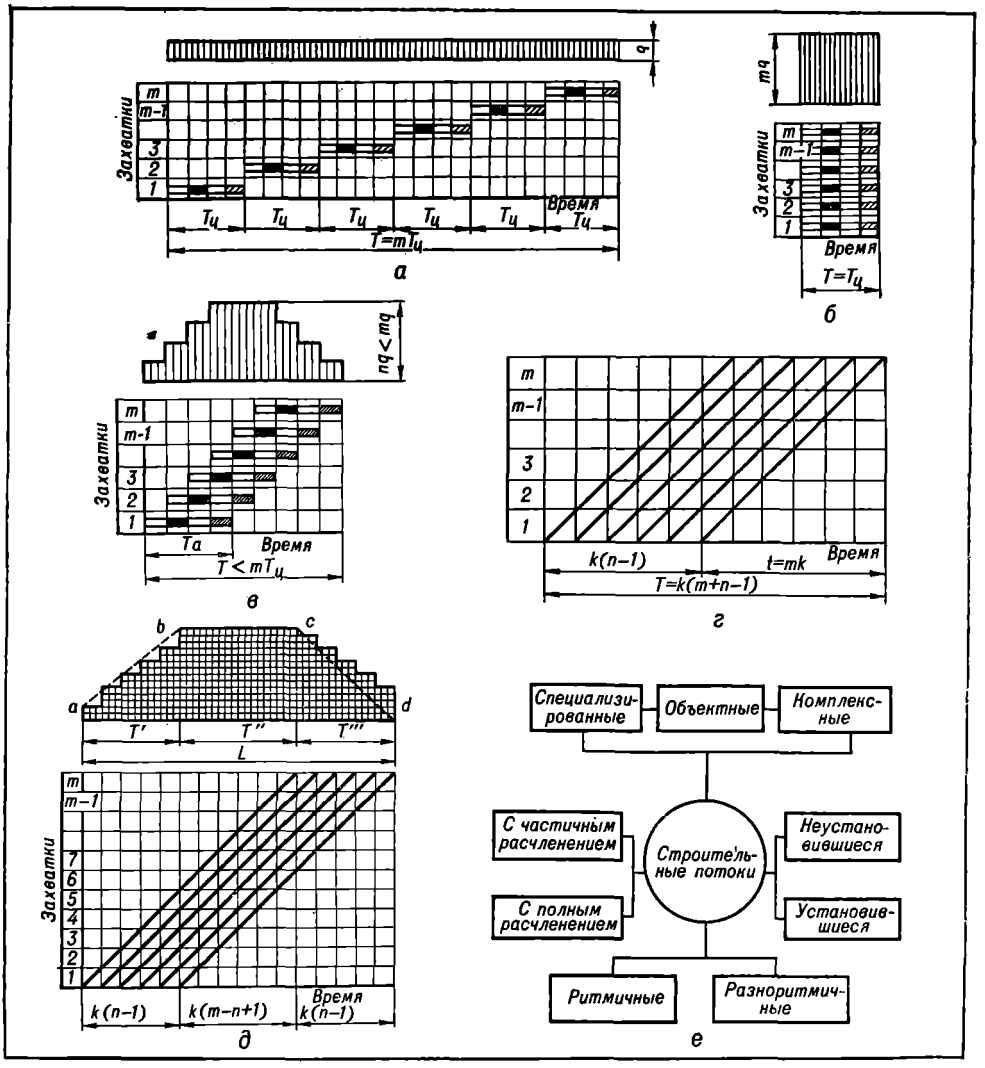


Рис. I.2. Графики и схемы, поясняющие особенности поточного производства работ в строительстве: *а* — график последовательного метода производства; *б* — то же, параллельного; *в* — то же, поточного; *г* — циклограмма строительного потока; *д* — график этапов развития строительного потока; *е* — схема разновидностей строительного потока.

Интенсивность частного потока выражается в единицах объема работ, выполняемых за единицу времени (например, в количестве кубических метров бетона или установленных колонн в смену); интенсивность строительного потока — в единицах конечной продукции (например, в квадратных метрах жилой площади за день, кубических метрах строительного объема здания в смену).

В развитии строительного потока наблюдаются три периода (рис. I.2,*д*): наращивание производственной мощности T', развернутый установившийся поток T'' и свертывание работ T'''.

Из циклограммы следует, что продолжительность *периодов развертывания* и *свертывания* потока одинакова: $T' = T''' = k(n - 1)$.

Период установившегося потока $T'' = T - 2T' = k(m + n - 1) - 2k(n - 1) = k(m - n + 1)$.

Только установившийся поток отвечает требованиям поточности производства; неустановившийся поток нецелесообразен.

Различают **параметры строительного потока** трех видов:

пространственные — фронт работ, делянка, ярус, захватка, монтажный участок; технологические — число частных потоков, объемы работ, трудоемкость, интенсивность (мощность) потока; параметры времени — модуль цикличности, шаг и темп потока.

Для организации строительного потока объект строительства разбивают на равные или примерно равные по трудоемкости участки — *захватки*. На каждой захватке есть фронт работ, который занимает рабочая бригада, осуществляющая один частный поток.

При возведении сборных зданий объект строительства расчленяют на *монтажные участки*, представляющие собою совокупность захваток. На монтажных участках осуществляется ряд частных потоков, составляющих строительный поток монтажа зданий.

Структура строительного потока определяется технологическими параметрами — числом и характером составляющих частных потоков. Различают потоки с *полным* и *частичным расчленением процесса*. В первом случае содержанием частного потока служит простой строительный процесс, во втором — сложный комплексный строительный процесс. Более глубокое расчленение улучшает показатели при длительных строительных потоках.

Объем работ для конкретного объекта, его захватки или участка является неизменной величиной и выражается в единицах измерения, соответствующих выполняемому виду работ.

Трудоемкость работ на захватке или участке измеряется в человеко-днях и человеко-часах; затраты машинного времени в механизированных строительных процессах — в машино-сменах и машино-часах.

Продуктивность строительного потока выражается его интенсивностью (мощностью).

Основным параметром времени является показатель ритма, устанавливающий цикличность процесса. Этот показатель назван ***модулем цикличности.*** Он служит измерителем продолжительности строительного потока. Обычно это продолжительность частного потока на одной захватке. Если продолжительность частного потока на захватках меняется, в качестве модуля цикличности принимают наименьшую его величину.

Модуль цикличности одного частного потока, который обычно принимают таким же и для смежных частных потоков, определяет развитие во времени строительного потока в целом.

Продолжительность потока прямо пропорциональна, а число исполнителей обратно пропорционально модулю цикличности k. При этом модуль цикличности оказывает на срок работ большее влияние, чем другие параметры, так как он входит в формулу (I.5) в виде сомножителя к сумме других величин. Следовательно, для существенного сокращения срока работ надо уменьшить модуль цикличности. Его пределом следует считать одну рабочую смену и только в редких случаях — полусмену.

Практика показывает, что наряду с модулем цикличности определенное значение в общем сроке работ имеет интервал времени между смежными частными потоками. Эту величину обычно называют ***шагом потока***, так как она отображает промежуток времени, через который бригады включаются в поток.

Разновидности строительных потоков иллюстрирует рис. I.2,*е*.

По структуре строительные потоки делятся на специализированные, объектные и комплексные; по характеру ритмичности — на ритмичные и разноритмичные; по глубине расчленения процесса — с частичным и полным расчленением; по степени развития — на установившиеся и неустановившиеся.

Специализированными называют потоки, продукция которых — одинаковые конструктивные элементы одного или ряда зданий либо анало-

гичные виды работ (например, устройство кровли, отделка здания).

Объектные потоки создаются группами специализированных потоков. Их общей продукцией является законченный строительный объект или часть здания (например, крупнопанельный дом).

Комплексные потоки — это сочетание объектных потоков, предназначенных для возведения разнотипных зданий и сооружений, объединенных в общий комплекс.

Ритмичные строительные потоки характеризуются равенством или кратностью циклов частных потоков, разноритмичные — отсутствием общего ритма как в разных частных потоках, так и в каждом из них. Разноритмичные потоки представляют собой общий случай строительного потока, в который включаются здания и сооружения, отличающиеся разными объемами однородных работ на захватках и, следовательно, различной трудоемкостью.

Богатый опыт строительства, накопленный в СССР и за рубежом, свидетельствует о высокой эффективности поточно-скоростного метода. Применение поточных методов неизменно обеспечивает ритмичность производства, значительно ускоряет строительство, способствует увеличению производительности труда. Благодаря специализации, приобретению навыков и ликвидации потерь труда снижается примерно на 50% трудоемкость работ, а заработная плата рабочих увеличивается и, кроме того, создаются условия для экономии по этому виду затрат, потому что работы выполняются меньшим количеством рабочих. При внедрении поточных методов стоимость строительства снижается на 6—12%.

Обязательным условием успешного осуществления поточного строительства является всесторонняя и тщательная подготовка к нему, которая охватывает вопросы проектирования потока, планирования и материально-технического обеспечения стройки, организации руководства и контроля за ходом работ, создания строительного хозяйства, подготовки ИТР и рабочих.

Наиболее эффективен многолетний непрерывный поток, особенно в массовом жилищном строительстве и при сооружении однотипных промышленных объектов.

§ 6. НОРМАЛИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Под ***нормализацией строительного производства*** следует понимать установление таких производственных норм и правил, пользуясь которыми при любых местных условиях и современных средствах производства можно наиболее рационально и экономично организовать технологический процесс.

Как указывалось, в общегосударственном масштабе основным документом для строительства являются СНиП.

Ведомства и министерства в развитие СНиП выпускают инструкции и указания, учитывающие особенности выполнения специальных строительных процессов в тех или иных местных условиях. Нормативные документы служат основой технологического проектирования.

Проектирование предприятий, зданий и сооружений ведут в две стадии или в одну. В первом случае сначала разрабатывают технический проект, затем рабочие чертежи; во втором — составляют только технический проект, совмещенный с рабочими чертежами.

Проектная организация в составе технического проекта разрабатывает проект организации строительства (ПОС).

Строительная организация по рабочим чертежам разрабатывает проект производства работ (ППР) для подготовительного и основного периодов строительства зданий и сооружений или пусковых комплексов. При этом учитывают основные решения ПОС, местные организационно-технические условия, указания СНиП и «Инструкцию о порядке составления и утверждения проектов организации строительства и проектов производства работ» (СН 47-74). ППР рассматривает и утверждает главный инженер строительно-монтажной организации.

В ППР уточняют решения строительного генерального плана (стройгенплана), календарные сроки строительства, определяют методы выполнения строительных и монтажных процессов, потребность в материальных, энергетических, технических и трудовых ресурсах, порядок их поступления, а также мероприятия по охране труда, противопожарной защите и контролю качества строительно-монтажных работ.

Стройгенплан обычно составляют для различных периодов строительства, например устройства подземной части зданий, монтажа наземных конструкций и т. п.

В *календарном плане* учитывают очередность, сроки возведения и сдачи в эксплуатацию объектов, определяют затраты по этапам строительства и др. Календарный план производства работ по объекту составляют по форме 6 инструкции СН 47-74 в виде линейного или сетевого графика либо циклограммы.

Сетевой график дает возможность установить взаимозависимость между отдельными работами и выявить определяющие, влияющие на продолжительность строительства процессы. Сетевые графики обычно разрабатывают для возведения сложных промышленных, энергетических и других объектов, в которых участвуют многие строительно-монтажные организации.

Наглядное представление о развитии строительства во времени и пространстве дают *циклограммы* (рис. I.2,*г*).

Основной частью ППР являются *технологические карты*, в которых указывают способы производства работ, разбивку на захватки, ярусы, размещение машин и пути движения транспорта, последовательность и продолжительность процессов, количество трудовых и материально-технических ресурсов, особенности выполнения работ в зимних условиях и правила техники безопасности.

§ 7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Чтобы выбрать оптимальный из возможных вариантов производства работ, каждый из них оценивают с помощью технико-экономических показателей, характеризующих затраты времени, труда и материально-технических ресурсов.

Основные технико-экономические показатели эффективности строительного производства:

стоимость производства, т. е. стоимость работ в целом или единицы строительной продукции, например 1 $м^3$ строительного объема, 1 $м^2$ жилой площади, монтажа 1 $т$ металлических конструкций, выраженная в рублях;

продолжительность постройки здания (строительного процесса) в днях или сменах;

трудоемкость работ, т. е. общие затраты труда, или удельная трудоемкость (затраты труда на единицу строительной продукции, например на 1 $м^2$ жилой площади, на 1 $м^3$ строительного объема или 1 $м^3$ кирпичной кладки), в человеко-днях.

В зависимости от характера сравниваемых вариантов производственных решений основные показатели могут быть дополнены частными: затратами времени на единицу строительной продукции; выработкой одного рабочего в час, день или год, измеряемой в единицах строительной продукции либо в рублях; показателями выполнения норм выработки в процентах; показателями использования машин во времени или грузоподъемности; выработкой машины за единицу времени, стоимостью машино-смены и пр.

Экономическая оценка по стоимости Э вариантов ППР с одинаковой продолжительностью строительства производится по формуле

$$Э = (C_1 - C_2) + E_н (K_1 - K_2), \quad (I.7)$$

где C_1 и C_2 — себестоимость строительно-монтажных работ сравниваемых вариантов; K_1 и K_2 — стоимость основных и оборотных производственных фондов сравниваемых вариантов; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности, равный 0,14—0,33.

РАЗДЕЛ II

ПОДГОТОВКА ПЛОЩАДКИ К СТРОИТЕЛЬСТВУ. УСТРОЙСТВО ДОРОГ. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ

Глава 1

ОСВОЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Проектом организации строительства (ПОС), а в последующем и проектом производства работ (ППР) определяется содержание работ подготовительного и основного периодов и управление строительством.

В подготовительный период, который иногда достигает 30—40% всей продолжительности строительства, создают индустриальную базу производства по добыче и изготовлению строительных материалов, связывают строительство с государственными дорогами, энергетическими и инженерными сетями и т. п. От тщательности выполнения заданий подготовительного периода в большой мере зависит успех проведения всех основных строительно-монтажных работ по возведению зданий, сооружений, инженерных сетей и пусковых комплексов.

Способы планирования и осуществления работ подготовительного периода изучаются в курсе «Организация, планирование и управление строительством».

Этот раздел книги посвящен работам, выполняемым непосредственно на строительной площадке.

§ 2. СНОС СТРОЕНИЙ. ОЧИСТКА ТЕРРИТОРИИ. УСТРОЙСТВО ВОДООТВОДА

Снос строений, линий связи или электропередач, подземных коммуникаций и других сооружений, мешающих производству работ на строительной площадке или полосе отвода, выполняют на первом этапе подготовительных работ. Малоценные здания разбирают, а здания, представляющие ценность, передвигают на заранее подготовленные фундаменты. Передвижку или перенос небольших зданий выполняют генподрядные организации. Передвижкой больших зданий занимаются специализированные управления.

Опоры воздушных линий связи и электропередач, когда они мешают работам, переносят в сторону или выносят за пределы строительной площадки. Воздушные линии приподнимают, чтобы обеспечить требуемые габариты для движения транспорта.

Перенос линий электропередач, связи и других коммуникаций осуществляют по согласованию и под наблюдением соответствующих ведомств.

Очистка территории площадки состоит в удалении деревьев, пней, кустарников и камней-валунов.

Деревья удаляют вместе с корнями либо спиливают стволы и впоследствии выкорчевывают пни. Для валки деревьев и корчевки пней используют тракторы, бульдозеры, установленные на тракторе трелевочно-корчевальные лебедки и экскаваторы со специальным оборудованием. Трактором валят деревья диаметром до 20 *см*, захватывая их тросом на высоте 1—3 *м*. Деревья диаметром 20—25 *см* валят бульдозером, а деревья большего диаметра сначала спиливают на высоте 0,2—0,3 *м*, а пень корчуют.

Для спиливания деревьев пользуются бензиномоторными или электрическими пилами. Корни деревьев диаметром более 30 *см* перед корчеванием

подрезают рыхлителем или бульдозером с одной или нескольких сторон.

Корчевание пней диаметром более 30 *см* из мерзлого грунта выполняют взрывным способом. Заряд аммонита закладывают в наклонный шпур под пнем на глубину 1,5—2 диаметра пня. Массу заряда принимают из расчета 10—20 *г* взрывчатых веществ на 1 *см* диаметра пня. Выкорчеванные пни убирают кранами или экскаваторами.

Кустарник и мелкую поросль удаляют бульдозером или кусторезом. Отвал бульдозера заглубляют в растительный слой на 15—20 *см*. Нож отвала срезает и сразу же удаляет кустарник. При работе кусторeза ножи отвала опускают до уровня земли. Ширина просеки после одной проходки кусторeза составляет 3,6 *м*.

Крупные камни, не поддающиеся перемещению, предварительно дробят взрывами.

Водоотвод, предназначенный для защиты строительной площадки от стока поверхностных вод, устраивают до начала разработки выемок (котлованов и траншей) в виде канав, оградительного обвалования или дренажа.

Размеры водоотводных канав, уклоны дна и способы их укрепления выбирают в зависимости от свойств грунта, расхода воды и скорости ее течения: при движении по дну канавы, состоящему из песка, а также супеска, скорость течения воды не должна превышать 0,5—0,6 *м/сек*, из крупного песка — 1—2 *м/сек*, суглинка — 1,2—1,4 *м/сек*.

Ширину канавы по дну принимают не менее 0,5—0,6 *м*, а расстояние от верхней бровки откоса выемки до канавы — не менее 5 *м* для постоянной выемки и не менее 3 *м* — для временной. Продольный уклон назначают не менее 0,3%.

Водоотводные канавы отрывают с помощью плужных или многоковшовых канавокопателей.

При устройстве дренажа для отвода грунтовых вод на дно траншей укладывают дренирующие материалы — камень, щебень, гравий, а при значительном притоке воды — асбестоцементные или керамические трубы диаметром 125—300 *мм*. Зазоры в стыках не заделывают, а трубы засыпают сверху дренирующими материалами.

§ 3. УСТРОЙСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ НУЖД СТРОИТЕЛЬСТВА

Для водоснабжения строительства надо стремиться использовать сети постоянного водопровода.

Временные водопроводные сети устраивают из стальных (газовых) труб диаметром 25—150 *мм*, реже — из чугунных или асбестоцементных диаметром 50—200 *мм*, которые укладывают ниже глубины промерзания грунта. На меньшей глубине трубы утепляют шлаком, войлоком и др. Если эксплуатация сети рассчитана лишь на летний сезон, достаточно уложить трубы на глубине 30 *см* или непосредственно на поверхности земли, предусмотрев защиту их от механических повреждений.

Электроснабжение строительства осуществляется, как правило, от действующих сетей с использованием постоянных сооружений энергетического хозяйства (линий электропередач, трансформаторных подстанций). Временные источники электроснабжения — передвижные электростанции, энергопоезда — используются, как правило, в начальный период строительства. Временные сети высокого и низкого напряжения на территории строительства устраивают преимущественно с воздушной подвеской проводов, применяя инвентарные передвижные и столбовые трансформаторные подстанции, инвентарные элементы электросетей, переносные опоры и др.

Тепло и пар подают от передвижных котельных установок. Временные наружные теплосети могут быть наземными либо подземными с соответствующей теплоизоляцией. Для обеспечения стока конденсата трубопроводы следует укладывать с небольшим уклоном.

Сжатый воздух от стационарных или передвижных компрессорных установок распределяют по резиновым шлангам диаметром 20—40 *мм*. При стационарных компрессорных станциях используют стальные трубопроводы, которые укладывают для стока конденсата с укло-

ном 0,005—0,01% в сторону движения воздуха.

Газ к нагревательным и сушильным агрегатам подают по прорезиненным шлангам (длиной не более 20 *м*), укладываемым в открытые деревянные короба. Газ в сжатом или сжиженном виде доставляют с газораздаточных станций в баллонах.

§ 4. РАЗМЕЩЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Для обслуживания строительного производства и рабочих на площадке размещают культурно-бытовые (столовые, душевые, кубовые, медпункты, помещения для обогрева рабочих, агитпункты и др.), административно-хозяйственные (конторы, проходные, пожарные депо) и производственные (склады, мастерские, навесы и др.) временные здания и сооружения.

Инвентарные временные сооружения сборно-разборного типа монтируют непосредственно на строительных площадках из унифицированных щитов и деталей заводского изготовления.

Передвижные здания, смонтированные на автомобилях или прицепах, а также *переносные*, устанавливаемые кранами, особенно целесообразны при большой рассредоточенности объектов и строительстве линейных сооружений, а также для начального периода строительства.

В практику строительства внедряются *надувные* сооружения из прорезиненной водонепроницаемой ткани, используемые в качестве бытовых помещений,— для приема пищи рабочими и др.

Особое внимание следует уделить комфортной подготовке бытового хозяйства строительной площадки, учитывая все социологические особенности наличного состава работающих, климатические, транспортные и другие местные факторы.

Для работающих на стройке женщин надо оборудовать отдельные бытовые и туалетные помещения. Желательно обеспечить умывальники горячей водой.

Глава 2

УСТРОЙСТВО ДОРОГ. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Транспортные и погрузочно-разгрузочные работы составляют по стоимости свыше 25% всех строительно-монтажных работ и по трудоемкости — около 40%. От правильного выбора транспортных средств, комплексной механизации всего транспортного процесса (погрузки, перемещения, выгрузки), оптимального выбора направления транспортных путей и грузопотоков, предусматривающего как использование существующих, так и прокладываемых к объекту строительства дорог, в значительной мере зависит стоимость возводимых зданий и сооружений.

В строительстве используют все виды современного транспорта: железнодорожный, автомобильный, водный, воздушный, канатно-подвесной, трубопроводный и др.

Наиболее распространен автомобильный транспорт, обладающий большой маневренностью. Много грузов перевозится и по железным дорогам. При наличии водных путей успешно используют дешевый водный транспорт. Вертолеты или самолеты АН-12 и АН-22 применяют для доставки строительных грузов в труднодоступные районы. Канатно-подвесной транспорт служит для доставки грузов в условиях сильно пересеченной местности. По трубопроводам транспортируют растворы, бетонную смесь и пылевидные материалы.

§ 2. УСТРОЙСТВО ДОРОГ

К строящимся на площадке объектам, складам, установкам и другим подсобным помещениям прокладывают автомобильные дороги и железнодорожные пути, связанные с общегосударственной дорожной сетью. При составлении ППР надо предусматривать использование для временных строительных целей постоян-

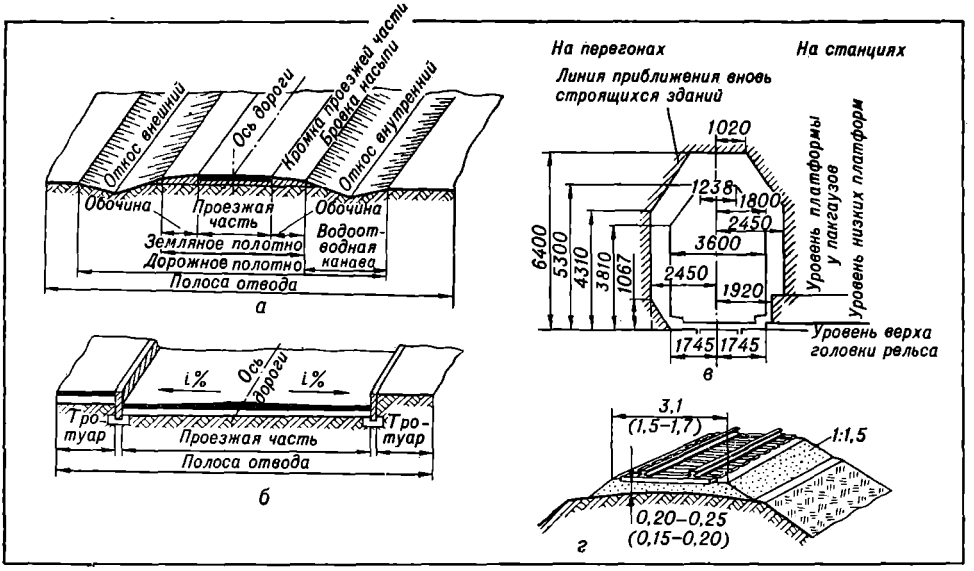


Рис. II.1. Устройство дорог и подъездов:

а — элементы поперечного профиля автомобильной дороги с кюветами; *б* — то же, без кюветов; *в* — габариты подвижного состава и приближения строений железных дорог с колеей 1524 *мм*; *г* — верхнее строение железнодорожного пути (числа в скобках относятся к узкой колее).

ных транспортных путей. Однако часто приходится строить и временные дороги. В этом случае целесообразно прокладывать их по трассам постоянных путей, но с устройством временного упрощенного верхнего строения.

Автомобильные дороги состоят из нижнего и верхнего строений. Нижним строением дороги являются земляное полотно и инженерные сооружения (мосты, трубы и др.), верхним — дорожная одежда проезжей части, состоящая из дорожного покрытия и основания. Полоса земляного участка, отводимая под автомобильную дорогу, показана на рис. II.1,*а*.

Проезжая часть, *обочины*, *кюветы и обрезы* образуют *полосу отвода*, ширину которой принимают для подъездных дорог I категории — 33 *м*, II категории — 22 *м* и III категории — 19 *м*. Для внутрипостроечных дорог полосу отвода принимают без обрезов.

На кривых участках устраивают односкатные *виражи* с уширением дороги на 1—2 *м*. *Радиусы кривых* для внутрипостроечных дорог I, II и III категорий составляют соответственно не менее 60, 35 и 15 *м*, а для подъездных дорог — 100, 50 и 35 *м*.

Продольный профиль автомобильной дороги должен иметь *уклоны*: для внутрипостроечных дорог в зависимости от категории не более 6—8 и подъездных дорог не более 6—9%.

Для дорог I категории устраивают усовершенствованные облегченные дорожные покрытия (из щебня или гравия, обработанных органическими вяжущими); для II категории — усовершенствованные облегченные и переходные покрытия (щебеночные, гравийные, шлаковые, грунтощебеночные и грунтовые, а также булыжные мостовые); для III категории — переходные и низшие (из грунта, укрепленного гравием, щебнем, шлаком, а также из грунта определенного гранулометрического состава).

К усовершенствованным капитальным покрытиям относятся железобетонные, асфальтобетонные, брусчатые, устраиваемые на прочных основаниях из каменных материалов или укрепленного грунта (рис. II.1,*б*).

Покрытия из сборных железобетонных плит массой до 1,8 *т* применяют для устройства временных подъездных дорог.

Постоянные дороги для двустороннего движения тяжелых машин делают шириной не менее 3,5—4 *м*, с минимальным радиусом закруглений 10—12 *м*. Если ширина дорог недостаточна для движения по ним тяжелых автомашин, груженных длинномерными и крупноразмерными конструкциями, их уширяют, добавляя один ряд сборных железобетонных плит. Иногда строят временные деревянные, снеговые и ледяные дороги (деревянные на слабых грунтах из бревен; снеговые — из слоя снега толщиной не менее 25 *см*, уплотненного укаткой; ледяные дороги устраивают, прорезая колею в снежном слое и поливая ее водой до образования ледяной корки).

Железные дороги бывают *широкой колеи* с расстоянием между внутренними гранями головок рельсов 1524 *мм* и *узкой* — шириной 750 *мм*.

Размеры, ограничивающие наружное очертание подвижного состава, а также приближение строений к пути, устанавливают, исходя из *габаритов подвижного состава* и *допустимого приближения строений* (рис. II.1,*в*).

Железнодорожный путь состоит из *нижнего* и *верхнего строений*. Ширина земляного полотна предусматривает размещение на нем балластного слоя и устройство обочин шириной 0,25—0,4 *м*. Для стока атмосферных вод, проникающих сквозь балластный слой, верхнюю площадку земляного полотна устраивают в виде трапеции высотой 0,15 *м* для нормальной колеи и 0,06 *м* для узкой.

Ширину однопутного земляного полотна поверху для дорог нормальной колеи принимают на подъездных путях от 5 до 4,6 *м*, для узкоколейных дорог — 3,3—2,8 *м*.

Верхнее строение железнодорожного пути (рис. II.1,*г*) состоит из рельсов со скреплениями, шпал, балластного слоя и стрелочных переводов.

Шпалы применяют деревянные или железобетонные, а для переносных звеньев — металлические. Обычно на 1 *км* пути укладывают 1440—1600 шпал при толщине балластного слоя под ними 15—30 *см*.

Нижнее строение представляет собой земляное полотно и инженерные сооружения (мосты, трубы и др.). В плане дорога состоит из прямых и кривых участков различных радиусов, зависящих от назначения дороги и топографических условий. Для временных дорог широкой колеи радиус закругления должен быть не менее 200 *м*, узкой — 75 *м*. Уклоны временных железных дорог не должны превышать 3%.

§ 3. СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Автомобильный транспорт обслуживает внешние и внутренние перевозки.

По назначению различают *технологический транспорт*, работающий по часовому графику, согласованному с графиком монтажно-строительных процессов, и *общестроительный*, который работает по своему графику.

По характеру обслуживания автомашины бывают специализированные и общего назначения. К *специализированным машинам* относят панеле- и фермовозы, трайлеры, бетоно- и растворовозы, бадьевозы, автобетоносмесители, трубовозы и др. *Машины общего назначения* — это грузовые бортовые машины, самосвалы, автопоезда с одним или несколькими прицепами.

Грузоподъемность самосвалов: 2,25; 3,5; 4,5; 6,7 и 11 *т*; карьерных самосвалов: 27 и 40 *т*; самосвальных прицепов: 2,5; 3; 4; 4,5; 7; 7,5 и 12 *т*. Грузоподъемность бортовых машин: от 2,5 до 12 *т*.

Количество требуемых автомашин определяют по формуле

$$N = \frac{Qt_{ц}}{T_{р.п}q} \text{ шт.}, \qquad \text{(II.1)}$$

где Q — общее количество грузов, перевозимых за определенный период, *т*; $t_{ц}$ — продолжительность цикла транспортной единицы, *мин*; $T_{р.п}$ — продолжительность расчетного периода (с

учетом потерь времени на пробег от гаража на трассу и обратно), *мин*; q — полезная грузоподъемность транспортной единицы, *т*.

Продолжительность цикла одной транспортной единицы

$$t_ц = t_п + \frac{120l}{v_{ср}} + t_р + t_м \text{ мин},$$

где $t_п$ — продолжительность погрузки, *мин*; l — расстояние перевозки, *км*; $v_{ср}$ — средняя скорость движения, *км/ч*; $t_р$ — продолжительность разгрузки, *мин*; $t_м$ — время на маневрирование, *мин*.

Сменная производительность транспортной единицы

$$П_{см} = \frac{TqK_в}{t_ц} т, \qquad (II.2)$$

где T — продолжительность смены, *мин*; q — полезная грузоподъемность транспортной единицы, *т*; $K_в$ — коэффициент использования транспортных средств во времени, равный 0,8—0,9.

Железнодорожный транспорт обслуживает в основном внешние перевозки. Вагоны подаются к складам, а в отдельных случаях — под крюк монтажного крана.

Парк вагонов весьма разнообразен: платформы грузоподъемностью от 18 до 60 *т*; полувагоны — от 60 до 100 *т* и крытые вагоны — до 65 *т*. В строительстве широко используется и специальный подвижной состав: цементовозы, думпкары (саморазгружающиеся полувагоны), цистерны и др.

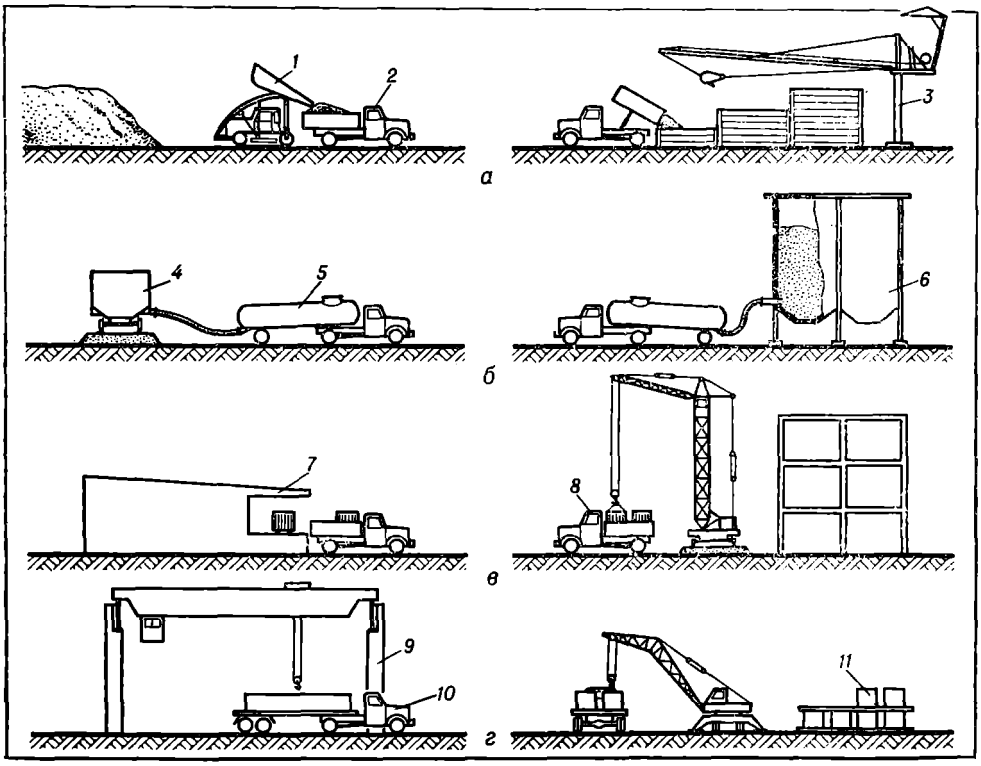


Рис. II.2. Схема комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ:

а — применение погрузчиков; *б* — применение цементовозов; *в* — перевозка грузов в контейнерах; *г* — перевозка и складирование штучных грузов; *1* — автопогрузчик; *2* — автосамосвал; *3* — бетоносмесительная установка; *4* — вагон для перевозки цемента; *5* — цементовоз; *6* — склад цемента; *7* — центральный склад; *8* — контейнеровоз; *9* — механизированный склад; *10* — автомобиль с прицепом; *11* — склад изделий.

Работа рельсового транспорта характеризуется пропускной и провозной способностью участков пути.

Пропускную способность $N_с$ — количество пар поездов установленной массы, которое можно пропустить по однопутному участку в сутки, — определяют по формуле

$$N_с = \frac{Q_т t_ц}{П} = \frac{Q_т\left(t_п + \frac{120l}{v_{ср}} + t_р\right)}{П}, \quad (II.3)$$

где $Q_т$ — грузовой поток, *т*; П — производительность состава, *т*; $t_п$ — продолжительность погрузки состава, включая маневры, *мин*; l — длина пути груженого и порожнего состава, *км*; $v_{ср}$ — средняя техническая скорость движения состава, *км/ч*; $t_р$ — продолжительность разгрузки состава, включая маневры, *мин*.

Производительность состава зависит от продолжительности его работы и количества транспортных единиц в нем и определяется по формуле

$$П = \frac{TqmK_в K_г}{t_п} т, \quad (II.4)$$

где $K_г$ — коэффициент грузоподъемности транспортной единицы; m — количество транспортных единиц в составе.

Провозная способность участка измеряется наибольшим количеством грузов, которое можно перевезти подвижным составом за сутки, смену.

Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ (рис. II.2) и продуманная организация работы транспорта определяет снижение все еще высокой трудоемкости транспортных процессов. Надо сводить к минимуму количество перегрузок, используя технологический специализированный транспорт, подающий материалы и изделия непосредственно под крюк монтажного крана (монтаж «с колес») или в зону укладки данного полуфабриката (например, бетонной смеси). Перевозки в этом случае осуществляют по челночной схеме: например, один седельный тягач работает с тремя и более прицепами-панелевозами, которые поочередно отцепляют у мест выгрузки и погрузки.

Общестроительный транспорт работает по маятниковой схеме.

РАЗДЕЛ III

УСТРОЙСТВО ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Глава 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Земляные сооружения по их назначению делят на постоянные и временные.

Постоянные земляные сооружения предназначены для эксплуатации в течение длительного времени. К ним относятся: спланированные площадки, земляное полотно дорог, плотины, дамбы, каналы, искусственные водоемы, отстойники и т. п.

Временные земляные сооружения устраивают для выполнения последующих строительно-монтажных работ. Это траншеи, котлованы, перемычки, временные нагорные и водоперехватывающие канавы и т. п.

В жилищно-гражданском и промышленном строительстве наиболее часто приходится выполнять работы, связанные с вертикальной планировкой площадок, устройством котлованов и различных траншей. Объемы этих работ в связи со все большим размахом строительства неуклонно увеличиваются и исчисляются миллиардами кубических метров в год. Например, производство земляных работ в настоящее время составляет более 13 млрд. $м^3$ грунта. А через 25—30 лет объем земляных работ достигнет 100 млрд. $м^3$ в год.

Земляные работы относят к тяжелым и трудоемким производственным процессам. Их удельный вес в общей трудоемкости строительно-монтажных работ составляет около 10%. В среднем на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ в жилищном и культурно-бытовом строительстве приходится земляных работ 50, в энергетическом — 130, в строительстве автомобильных и железных дорог — 135 и водохозяйственном строительстве — до 1400 тыс. $м^3$.

В нашей стране на земляных работах занято около 500 тыс. человек, причем средняя годовая выработка на каждого из них на ручных операциях составляет 850 $м^3$, а при комплексно-механизированной разработке грунта — 20 тыс. $м^3$.

В настоящее время в строительстве насчитывается свыше 140 тыс. экскаваторов, 41,5 тыс. скреперов и 137 тыс. бульдозеров.

§ 2. ОСНОВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ

Грунтами называют породы, залегающие в верхних слоях земной коры. К ним относятся растительный грунт, песок, супесок, гравий, глина, суглинок, торф, различные скальные грунты и плывуны.

По крупности минеральных частиц и их взаимной связи различают грунты связные — глинистые; несвязные — песчаные и сыпучие (в сухом состоянии); крупнообломочные — несцементированные, содержащие более 50% обломков кристаллических пород размером более 2 *мм*, и скальные — изверженные, метаморфические и осадочные с жесткой связью между зернами и залегающие в виде сплошного массива или трещиноватого слоя.

К основным свойствам грунтов, влияющим на технологию производства, трудоемкость и стоимость земляных работ, относятся объемная масса, влажность, сцепление, разрыхляемость, угол естественного откоса, размываемость и пр.

Объемной массой принято считать массу 1 $м^3$ грунта в естественном состоянии в плотном теле. Объемная масса песчаных и глинистых грунтов

составляет 1,5—2 *т/м*³; скальных неразрыхленных грунтов — до 3 *т/м*³.

Влажность характеризует степень насыщенности пор грунта водой и определяется отношением массы воды в грунте к массе его твердых частиц:

$$W = \frac{g_в - g_с}{g_с} 100\%, \qquad \text{(III.1)}$$

где $g_в$, $g_с$ — соответственно масса пробы грунта до и после просушивания.

Грунты, имеющие влажность до 5%, считают сухими, свыше 30% — мокрыми.

Сцепление определяется начальным сопротивлением грунта сдвигу и зависит от вида грунта и степени его влажности. Сила сцепления для песчаных грунтов составляет 0,003—0,05 *Мн/м*², для глинистых 0,005—0,2 *Мн/м*². В мерзлых грунтах сила сцепления значительно возрастает.

Разрыхляемость — это способность грунта увеличиваться в объеме при разработке вследствие потери связи между частицами. Увеличение объема грунта характеризуется коэффициентами первоначального $K_р$ и остаточного разрыхления $K_{о.р}$. *Коэффициент первоначального разрыхления* представляет собой отношение объема разрыхленного грунта к его объему в естественном состоянии и составляет для песчаных грунтов 1,08—1,17, суглинистых 1,14—1,28 и глинистых 1,24—1,3. *Коэффициент остаточного разрыхления* характеризует остаточное увеличение объема грунта (по сравнению с естественным состоянием) после его уплотнения под действием массы вышележащих слоев, дождя, движения транспорта или механического уплотнения. Принимают $K_{о.р}$ для песчаных грунтов равным 1,01 — 1,025, суглинистых 1,015—1,05 и глинистых 1,04—1,09. В практических целях первоначальное и остаточное разрыхление грунта в справочниках и ЕНиР указывается в процентах. Первоначальное разрыхление грунта позволяет эффективнее использовать землеройно-транспортные машины.

Угол естественного откоса грунта характеризуется его физическими свойствами (силой сцепления, давлением вышележащих слоев, углом внутреннего трения и др.), при которых грунт находится в состоянии предельного равновесия. *При отсутствии сил сцепления* наибольший угол естественного откоса равен углу внутреннего трения. В грунтах, *имеющих сцепление*, угол естественного откоса изменяется от максимальной величины в верхней части выемки или насыпи до минимальной — в нижней, приближаясь к углу внутреннего трения.

В соответствии с этим *крутизна откосов* выемок и насыпей, выражаемая отношением их высоты к заложению: $h/a = 1/m$ (где m — коэффициент откоса), для постоянных и временных земляных сооружений различна. Согласно СНиП, откосы насыпей постоянных сооружений делают более пологими, чем откосы выемок. Более крутые откосы допускаются при устройстве временных сооружений — котлованов и траншей. Например, при суглинистых грунтах и глубине выемок до 3 *м* в постоянных сооружениях крутизну откосов принимают 1 1,25, в постоянных насыпях — 1 1,5, в котлованах и траншеях — 1 : 0,5. Откосам высоких насыпей и глубоких выемок целесообразно придавать переменную крутизну с более пологим очертанием внизу.

Размываемость грунта характеризуется скоростью движения воды, уносящей его частицы. Для мелких песков наибольшая скорость движения воды не должна превышать 0,5—0,6, для крупных песков 1—2 и для глинистых плотных грунтов 1,5 *м/сек*.

Согласно производственным нормам все грунты группируют и классифицируют по трудности их разработки различными землеройными машинами и вручную. Для каждого способа разработки установлена своя классификация.

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ

Объемы земляных работ подсчитывают по чертежам земляных сооружений, а также по натурным замерам в процессе производства работ, пользуясь формулами элементарной геометрии. При этом сложные по форме сооружения расчленяют на ряд простых геометрических

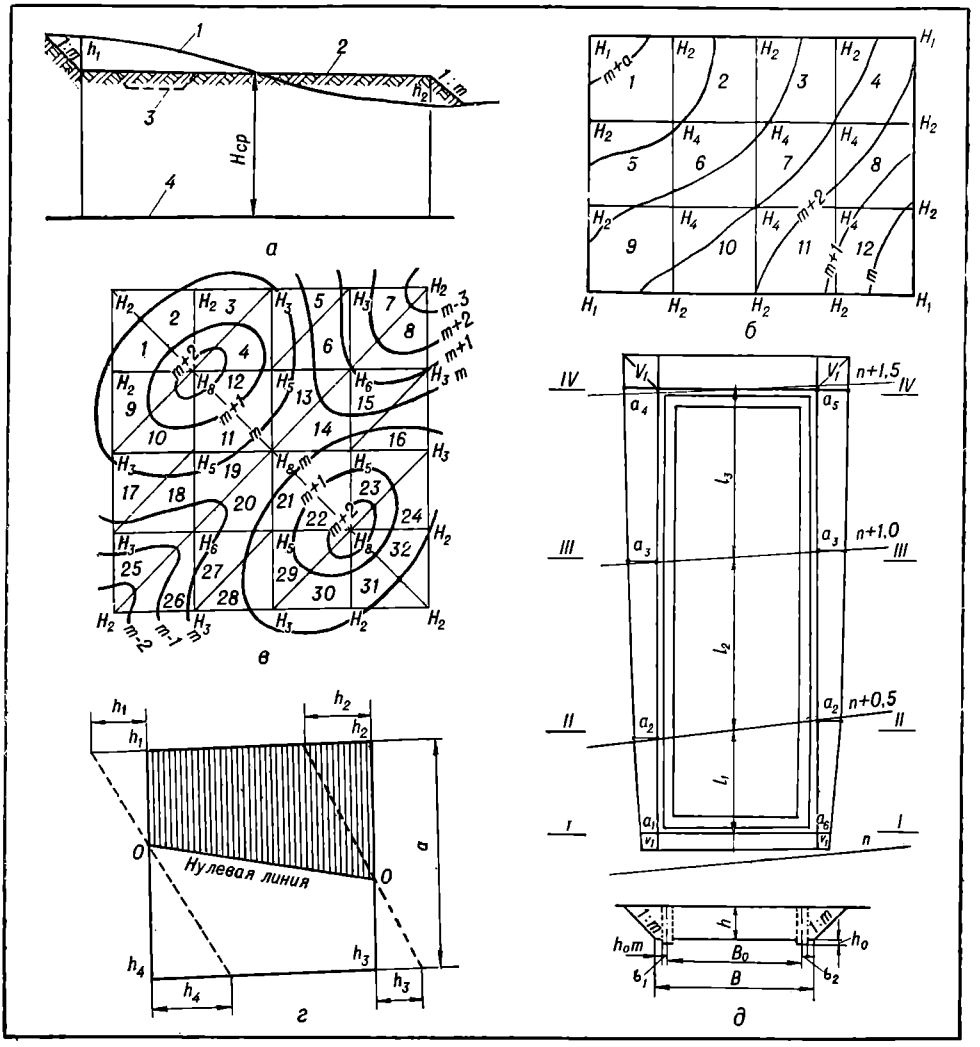


Рис. III.1. Элементы объемов работ при планировке площадки и устройстве котлована:

а — профиль площадки; *б* — план участка с разбивкой на квадраты; *в* — то же, на треугольники; *г* — графическое определение нулевых точек в переходном квадрате; *д*—план и разрез котлована; *1*—поверхность естественного рельефа; *2* — проектная поверхность; *3* — проектируемый котлован; *4* — условный уровень ($H_1 - H_8$ — черные отметки вершин квадратов или треугольников, общие для одной, двух, трех и более вершин; m, $m+1$, . . . , $m+a$ — отметки горизонталей; $h_1 - h_4$ — рабочие отметки вершин квадратов и треугольников; в квадратах и треугольниках сеток указаны их порядковые номера); *I—I*, . . . , *IV—IV* — сечения котлована в характерных его точках.

фигур, вычисленные объемы которых затем суммируют.

Для облегчения подсчета объемов работ изданы справочники с таблицами и номограммами. Выполнять расчеты можно также средствами вычислительной техники.

Расчет производят для плотного (естественного) состояния грунта. При определении объема разрыхленных грунтов учитывают коэффициенты разрыхления. Наличие на одном объекте нескольких видов грунта различных категорий требует раздельного подсчета.

Объемы земляных работ при проектировании вертикальной планировки площадок определяют по нивелировочной сетке квадратов или сетке квадратов, нанесенной на план в горизонталях (рис. III.1,*б*). Сторону квадрата принимают от 10 до 100 *м* в зависимости от рельефа местности (в квадрате должна быть минимум одна, максимум две горизонтали). При сложном рельефе местности квадраты делят диагоналями на треугольники. Диагональ должна проходить приблизительно по направлению водораздела или тальвега в соответствии с изменением характера рельефа местности (рис. III.1,*в*). Если для рельефа местности характерна переменная сложность, площадку разбивают на дополнительные участки, объем которых подсчитывают отдельно с учетом приведенных рекомендаций.

Проектируя вертикальную планировку площадки, стремятся к минимальному объему земляных работ. Это достигается соблюдением нулевого баланса земляных масс, когда объем грунта из выемок полностью укладывается в полезные насыпи. В этом случае

$$V_м = V_п \pm P, \qquad (III.2)$$

где $V_м$ — объем массива грунта площадки от условного уровня до поверхности естественного рельефа (рис. III.1 ,*а*); $V_п$ — то же, до проектной поверхности без учета котлованов; P — объем грунта из котлованов и траншей, который можно использовать для планировки площадки (принимается со знаком плюс), либо объем грунта, подлежащего удалению с площадки (принимается со знаком минус).

Если разделить обе части равенства на площадь территории F, получим

$$\frac{V_м}{F} = \frac{V_п}{F} \pm \frac{P}{F}, \qquad (III.3)$$

где $V_м/F = H_0$ — средняя отметка поверхности площадки; $V_п/F = H_{ср}$ — средняя планировочная отметка; $P/F = \Delta$ — величина повышения или понижения средней планировочной отметки.

Таким образом, средняя планировочная отметка

$$H_{ср} = H_0 \pm \Delta. \qquad (III.4)$$

Среднюю отметку поверхности площадки *при подсчете объемов работ по квадратам* определяют по формуле

$$H_0 = \frac{4\sum H_4 + 2\sum H_2 + \sum H_1}{4n} \text{ м}, \qquad (III.5)$$

где ΣH_4 и ΣH_2 — сумма черных отметок вершин, общих соответственно для четырех и двух квадратов; ΣH_1 — сумма черных отметок вершин, принадлежащих одному квадрату; n — количество квадратов, а *при подсчете по треугольникам* — по формуле

$$H_0 = (8\sum H_8 + 7\sum H_7 + 6\sum H_6 + 5\sum H_5 + 4\sum H_4 + 3\sum H_3 + 2\sum H_2 + \sum H_1)/(6n), \qquad (III.6)$$

где ΣH_8, ..., ΣH_1 — сумма черных отметок вершин, общих соответственно для восьми, семи, шести и т. д. треугольников; n — количество треугольников.

При проектировании рельефа площадки без соблюдения нулевого баланса ее проектную поверхность определяют, исходя из заданных условий, не вычисляя средней планировочной отметки.

Подсчету объемов работ предшествует нанесение проектной поверхности — красных отметок в вершинах сетки квадратов или треугольников — и определение рабочих отметок $h_р$. Последние вычисляют как разность между проектными $H_{пр}$ (красными) и черными отметками $H_ч$, т. е.

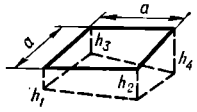
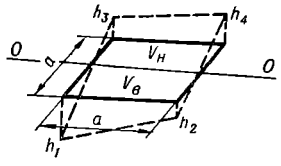
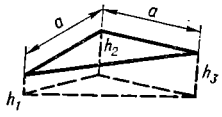
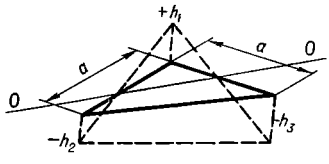
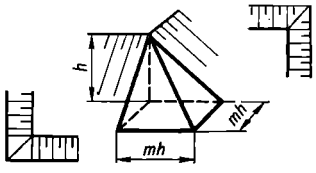
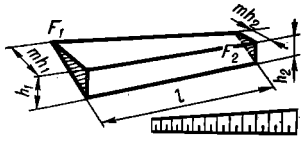
$$h_р = H_{пр} - H_ч. \qquad (III.7)$$

Рабочие отметки со знаком плюс указывают на необходимость устройства насыпи, со знаком минус — выемки. Проектную отметку надписывают в верхнем правом углу квадрата, черную — в правом нижнем углу, а рабочую — в верхнем левом углу.

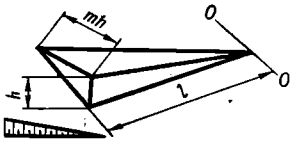
Квадраты и треугольники с рабочими отметками одинаковых знаков называют *одноименными*, разных — *переходными*.

На сторонах переходных квадратов (треугольников) графически или аналитически определяют положение *нулевых*

Таблица III.1. **Схемы и формулы для определения объемов работ при вертикальной планировке площадок**

Элементы	Схема	Расчетная формула
Одноименный квадрат (четырехгранная призма)		$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$ (III.8)
Переходной квадрат: а) участок насыпи б) участок выемки		$V_н = \frac{a^2}{4}\frac{(\sum h_н)^2}{\sum h}$ (III.9а) $V_в = \frac{a^2}{4}\frac{(\sum h_в)^2}{\sum h}$ (III.9б)
Одноименный треугольник (трехгранная призма)		$V = \frac{a^2}{6}(h_1 + h_2 + h_3)$ (III.10)
Переходной треугольник: а) участок с одной рабочей отметкой h_1 б) участок с двумя рабочими отметками h_2 и h_3		$V_1 = \frac{a^2}{6}\frac{h_1^3}{(h_1+h_2)(h_1+h_3)}$ (III.11) $V_2 = \frac{a^2}{6}\left[\frac{h^3}{(h_1+h_2)(h_1+h_3)} - h_1 + h_2 + h_3\right]$ (III.12)
Элементы откосов: а) угловой, типа четырехгранной пирамиды		$V = \frac{m^2h^3}{3}$ (III.13)
б) боковой, типа призматоида		$V = \frac{F_1 + F_2}{2}l = \frac{ml}{4}(h_1^2 + h_2^2)$ (III.14)

Продолжение табл. III.1

Элементы	Схема	Расчетная формула
в) то же, типа трехгранной пирамиды		$V = \frac{mh^2l}{6}$ (III.15)
Площадки сложного очертания, предварительно разбитые:		
а) сеткой квадратов и различных геометрических фигур		$V_{н(в)} = \frac{a^2}{4}\sum_{1}^{n}\sum_{1}^{4} h + \sum F_{н(в)} h_{н(в)} + V_{о.\,н(в)}$ (III.16)
б) сеткой треугольников и различных геометрических фигур,		$V_{н(в)} = \frac{a^2}{6}\sum_{1}^{n}\sum_{1}^{4} h + \sum F_{н(в)} h_{н(в)} + V_{о.\,н(в)}$ (III.17)

Условные обозначения: V — объем работ, $м^3$; a — сторона квадрата (треугольника), $м$; h, h_1, h_n — рабочие отметки; нижние индексы н, в — насыпь и выемка; $\sum h$ — сумма абсолютных значений всех рабочих отметок переходного квадрата, $м$; m — коэффициент заложения откосов; F_1, F_2 — площади поперечных сечений откосов, $м^2$; l — длина участка откоса, $м$; $F_{н(в)}$ — площадь дополнительного участка насыпи (выемки), не учтенная в пределах всей площадки, $м^2$; $h_{н(в)}$ — средняя рабочая отметка дополнительного участка насыпи (выемки), $м$; $V_{о.\,н(в)}$ — объем откосов насыпи (выемки), $м^3$.

точек (рис. III.1,*г*). Кривая на плане площадки, проведенная через нулевые точки переходных квадратов,— *нулевая линия* — ограничивает участки выемки и насыпи.

При подсчете по сетке квадратов объем насыпи или выемки определяют как сумму объемов грунта, расположенного в пределах отдельных квадратов и их частей, а по сетке треугольников — в пределах отдельных треугольников и их частей. Окончательные объемы грунтов насыпи или выемки подсчитывают с учетом грунта откосов, устраиваемых по контуру планируемой площадки. Для этого в наружных углах квадратов по контуру площадки откладывают величину заложения откосов h, равную произведению рабочих отметок на коэффициент откосов m, и получают наружное очертание в плане бровок выемки и насыпи. Формулы для определения элементов насыпи и выемки приведены в табл. III.1.

Для удобства выполнения этих работ все расчеты сводят в таблицы, как это представлено, например, при расчете по сетке квадратов в табл. III.2.

Таблица III.2. **Подсчет объемов работ по сетке квадратов** $\left(\text{при } \frac{a^2}{4}\right)$

№ квадрата	Рабочая отметка, $м$				$\sum h$	$\frac{(\sum h_н)^2}{\sum h}$	$\frac{(\sum h_в)^2}{\sum h}$	Объем работ V, $м^3$	
	h_1	h_2	h_3	h_4				насыпи	выемки

Для выемок и насыпей больших объемов учитывают влияние остаточного разрыхления, увеличивая планировочную отметку на

$$\Delta h = \frac{V_в (K_{о.р} - 1)}{F_н + F_в}, \qquad (III.18)$$

где $V_в$ — объем выемок, $м^3$; $K_{о.р}$ — коэффициент остаточного разрыхления; $F_н$ — площадь насыпей, $м^2$; $F_в$ — площадь выемок, $м^2$.

Для этого вначале определяют $H_{ср}$ по формуле (III.4), потом $V_в$ без учета Δh. Затем расчет повторяют, но уже с учетом влияния остаточного разрыхления.

Объем земляных работ при устройстве котлована вычисляют по проекту, составленному в соответствии с отметками заложения фундаментов и дна котлована, планом участка в горизонталях и принятой крутизной откосов (рис. III.1,*д*).

Ширину (длину) дна котлована определяют по формуле

$$B = B_о + b_1 + b_2 + 2mh_0 \ м, \qquad (II.19)$$

где $B_о$ — расстояние между осями наружных стен, $м$; b_1 и b_2 — расстояния от оси фундамента до его наружной стены, $м$; h_0 — высота фундамента, $м$.

Для получения в плане очертаний откосов котлована вычисляют рабочие отметки в углах и местах пересечения контура дна котлована с горизонталями. Затем определяют в этих точках заложения откосов, наносят их на план и, соединяя точки заложения прямыми линиями, получают очертания откосов.

Объемы работ вычисляют по участкам, которые назначают между сечениями (рис. III.1,*д*), проводимыми в торцах котлована (сечения *I—I* и *IV—IV*) и в точках пересечения горизонталей с осью котлована (сечения *II—II* и *III—III*), пользуясь формулами (III.20) — (III.22) из табл. III.3.

Участки откосов в торцах котлована разбивают, как и при планировке площадки, на угловые пирамиды и промежуточные призматоиды, объемы которых подсчитывают по формулам (III.13) и (III.14) из табл. III.1.

Для определения объемов работ по устройству котлованов сложных очертаний их расчленяют на ряд простых составных элементов, объем каждого из которых вычисляют по формуле (III.20). При вычислении объемов глубоких котлованов сложной конфигурации и поперечного сечения их объемы подсчитывают по формуле (III.23).

Если нужно устроить траншею для въезда в котлован, объем ее определяют по формуле (III.26).

Часто при устройстве ленточных фундаментов котлован отрывают несколько ниже проектной отметки дна. Объем дополнительно срезанного грунта компенсируется затем грунтом, вынутым из траншей под фундамент.

Величина понижения отметки дна котлована

$$x = V_т/F_д \ м, \qquad (III.27)$$

где $V_т$ — объем траншей, $м^3$; $F_д$ — площадь дна котлована, $м^2$.

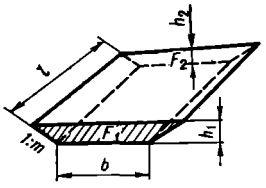
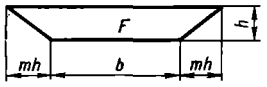
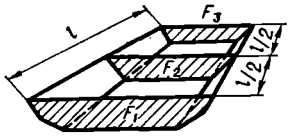
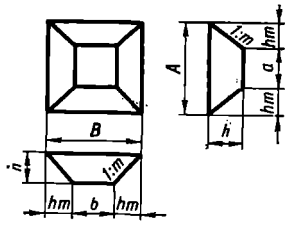
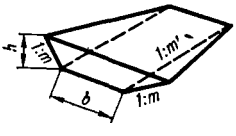
Все подсчеты объемов котлована сводят в таблицу, подобную табл. III.2.

Объем траншеи определяют как сумму объемов отдельных участков между поперечными профилями, проведенными через точки перелома продольного профиля, по формулам (III.20) — (III.22) из табл. III.3.

Ширину траншей по дну без учета толщины креплений при укладке трубопроводов в виде плетей или секций принимают $b = D + 0{,}3$ $м$, где D — наружный диаметр трубопроводов с учетом изоляции, $м$, а при укладке трубопроводов отдельными трубами в зависимости от диаметра труб — от $b = D + 0{,}5$ $м$ до $b = D + 1{,}2$ $м$.

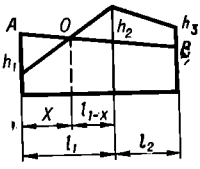
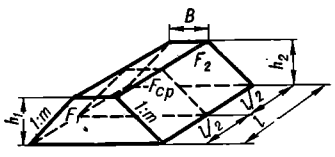
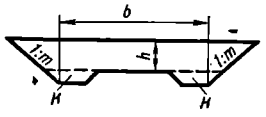
Минимальная ширина траншей для ленточного фундамента равна ширине его подошвы плюс зазор (согласно требованиям СНиП). При устройстве траншеи с креплениями ее ширину увеличивают на толщину конструкций крепле-

Таблица III.3. **Схемы и формулы для подсчета объемов работ по устройству котлованов**

Элементы	Схема	Расчетная формула
Участок котлована между параллельными сечениями (призматоид)		$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l$ (III.20)
Площадь сечения (трапеции)		$F = (b + mh)\,h$ (III.21) Для прямоугольного сечения $F = bh$ (III.22)
Котлованы со сложной конфигурацией поперечного сечения или котлованы, представляющие собой усеченную пирамиду		$V = \frac{1}{6}(F_1 + F_2 + F_3)$ (III.23)
Одиночные выемки		$V = \frac{h}{6}[(2A + a)B + (2a + A)b]$ (III.24) При $A = B$ и $a = b$ $V = \frac{h}{3}[(a + A)^2 - aA]$ (III.25)
Въездная траншея		$V = \frac{h^2}{6}\left(3b + 2mh\frac{m' - m}{m'}\right)(m' - m)$ (III.26)

Условные обозначения: V — объем, $м^3$; F — площадь поперечного сечения, $м^2$; B — ширина по дну, $м$; h — рабочая отметка, $м$; l — длина участка; m — коэффициент заложения откосов; m' — коэффициент заложения дна въездной траншеи; A, B — стороны выемок поверху, $м$; a, b — стороны выемок понизу, $м$.

Таблица III.4. **Схемы и формулы для подсчета объемов работ по возведению земляного полотна**

Элементы	Схема	Расчетная формула
Положение нулевой отметки производства работ (в местах перехода выемки в насыпь)		$x = \frac{h_1 l_1}{h_1 + h_2}$ (III.28) $l_{1-x} = \frac{h_2 l_1}{h_1 + h_2}$ (III.29)
Промежуточные участки земляного полотна (насыпи, выемки): а) при $h_1 - h_2 < 0{,}5$ *м* и $l < 50$ *м* б) при $h_1 - h_2 > 0{,}5$ *м* и $l > 50$ *м*		$V_{н(в)} = F_{ср} l$ (III.30) $V_{н(в)} = \left[F_{ср} + \frac{m(h_1 - h_2)^2}{12}\right] l$ (III.31)
Площади поперечных сечений (насыпи, выемки)		Для насыпи см. формулу (III.22) Для выемки $F_{ср} = bh + 2к + mh^2$ (III.32)
Линейные сооружения, имеющие по длине постоянную крутизну откосов, ширину выемки понизу (насыпи поверху) и одинаковые расстояния между поперечными профилями		$\sum V_{н(в)} = \frac{l}{2}\left[b\left(2\sum h - h_1 - h_n\right) + m\left(2\sum h^2 - h_1 - h_n^2\right)\right]$ (III.33)

Условные обозначения: h, h_1, h_2, ..., h_n — рабочие отметки по оси профиля *м*; l — длина участка, *м*; $F_{ср}$ — площадь среднего сечения между смежными поперечными профилями на одинаковом расстоянии, $м^2$; m — коэффициент заложения откосов; $V_{н(в)}$ — объем земляных работ насыпи (выемки), $м^3$; b — ширина полотна насыпи или выемки по дну, *м*; $\sum h$ — сумма высот всех поперечных профилей, *м*; $\sum h^2$ — сумма квадратов высот всех поперечных профилей, $м^2$; к — площадь кюветов выемки, $м^2$.

ния. Ширину траншеи уточняют также по размерам режущей кромки рабочего органа землеройной машины, принятой для разработки грунта.

Объемы земляных работ при устройстве линейных земляных сооружений определяют по продольным и поперечным профилям проекта. Основными элементами продольного профиля являются проектная красная линия, отнесенная к бровке земляного полотна насыпи или выемки, рабочие отметки h, определяющие высоту насыпей или глубину выемок, и расстояния между сечениями в точках перелома профиля.

Положение нулевых отметок в местах перехода выемки в насыпь определяют по формулам (III.28) и (III.29) из табл. III.4.

Объем земляных работ на участках между переломами профиля, когда разность отметок смежных сечений $(h_1 - h_2) < 0{,}5$ *м* и протяжение $l < 50$ *м*, вычисляют по формуле (III.30), а при разности отметок $(h_1 - h_2) > 0{,}50$ *м* и $l > 50$ *м* — по формуле (III.31), в ко-

торую вводят поправку инженера Ф. Ф. Мурзо, равную $\frac{m(h_1-h_2)^2}{12}$

Общий объем земляных работ по устройству насыпи и выемки слагается из суммарных объемов земляных работ, подсчитанных для каждого участка. Все подсчеты сводят в таблицу, подобную табл. III.2.

§ 4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПОСОБАХ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Технологический процесс возведения земляных сооружений состоит из подготовительных, основных и вспомогательных работ.

Подготовительные работы предшествуют основным и связаны с очисткой и подготовкой территории, разбивкой зданий и сооружений, устройством подъездных путей и т. п. (см. разд. II).

Основные работы включают рыхление грунта, его разработку, перемещение, укладку, уплотнение, устройство откосов и отделку земляных сооружений.

Вспомогательные работы состоят в подготовке забоя, оборудовании инженерных сетей, устройстве подмостей, переходов, выполнении мероприятий по технике безопасности и т. п.

Земляные работы **в зависимости от строительных свойств грунта** осуществляют механическим, гидромеханическим, взрывным, комбинированным или другими специальными способами.

Механическим способом выполняют 80—85% земляных работ. Он заключается в разработке грунта резанием землеройными и землеройно-транспортными машинами.

Гидромеханический способ состоит в размыве грунта напорной водяной струей гидромониторных установок или всасывании его со дна водоемов плавучими землесосными снарядами.

Взрывной способ, основанный на использовании силы взрывной волны различных взрывчатых веществ, закладываемых в специально устроенные скважины, является одним из мощных средств механизации трудоемких и тяжелых работ.

Комбинированный способ представляет собой сочетание механического и гидромеханического способов либо механического со взрывным, что зависит от условий разработки.

Применяют также экспериментальные способы разрушения или уменьшения прочности грунта ультразвуком, током высокой частоты, термическими установками и др.

Машины, механизмы и оборудование, применяемые в соответствии с рассмотренными способами производства земляных работ, подразделяют на землеройные и землеройно-транспортные; гидромониторные установки и земснаряды; оборудование для уплотнения грунтов, водопонижения, очистки территории, искусственного закрепления грунтов, бурения ям под столбы и т. п.; транспортные средства.

Землеройные машины (одноковшовые и многоковшовые экскаваторы) предназначены для разработки грунта в отвал или в транспортные средства.

Одноковшовые экскаваторы — универсальные машины для рытья котлованов, траншей, каналов, а также устройства насыпей и других земляных сооружений. Экскаваторы оснащаются различным сменным оборудованием:

прямой лопатой для разработки грунта выше уровня стоянки экскаватора;

обратной лопатой для разработки грунта ниже уровня стоянки экскаватора (преимущественно для рытья траншей и котлованов);

драглайном для рытья глубоких котлованов, широких траншей, возведения насыпей ниже уровня стоянки экскаватора;

грейфером для рытья небольших, но глубоких котлованов и для погрузочно-разгрузочных работ;

стругом для планировочных работ.

В жилищно-гражданском и промышленном строительстве используют экскаваторы с ковшами емкостью 0,25; 0,4; 0,5; 0,65; 1; 1,25 и 2,5 $м^3$.

Многоковшовые экскаваторы с рабочим органом в виде ковшовой цепи или ковшового колеса служат для разработки траншей под фундаменты, инженерные и трубопроводные сети. Стенки траншей делают вертикальными или наклонными.

Землеройно-транспортные машины — бульдозеры, скреперы, грейдеры, грейдеры-элеваторы и струги — предназначены для послойного копания, транспортирования, отсыпки и планировки грунтов.

Бульдозер представляет собой агрегат, состоящий из гусеничного или колесного трактора (тягача) и навесного рабочего оборудования (отвала и системы привода отвала). Мощность двигателей тракторов — от 55 до 400 *квт* (75—600 л. с.). Бульдозеры используют для копания грунта, его перемещения и планировки, а также для зачистки грунта в котлованах, разработанных другими землеройными машинами.

Скреперы — агрегаты, состоящие из ковша, установленного на колеса с пневматическими шинами, и системы привода ковша и тягача (колесного или гусеничного),— бывают прицепные (емкость ковша 2,25—15 $м^3$) и самоходные с ковшом емкостью 4,5—25 $м^3$ (на будущее намечен выпуск машин с ковшом до 60 $м^3$).

Для загрузки самоходных скреперов часто используют тракторы-толкачи. Применяются скреперы для послойного копания, транспортирования, отсыпки слоями и планировки грунтов.

Грейдерами и *автогрейдерами* называются землеройно-транспортные машины, имеющие режущий рабочий орган (отвал), ходовую часть и систему управления отвалом и другими механизмами. Предназначаются для планировочных и профилировочных работ при устройстве дорожных оснований.

Грейдеры-элеваторы представляют собой передвижные агрегаты, состоящие из рабочего органа режущего типа, системы конвейеров, ходовой части и силовой установки с трансмиссией. Применяются для послойного резания грунта и перемещения его в отвал или транспортные средства.

Гидромониторные установки и земснаряды, которые размывают, транспортируют и укладывают грунт с помощью воды, служат для намыва территорий, плотин, насыпей под железные и шоссейные дороги, разработки котлованов, каналов, спрямления русел рек, углубления водоемов, добычи и сортировки песка, гравия и т. п. Разрабатываемый грунт транспортируется по трубопроводам.

Грунтоуплотняющие машины и механизмы предназначены для послойного уплотнения различных по физико-механическим свойствам грунтов. Для этой цели применяют кулачковые и вибрационные катки, катки на пневмошинах, трамбовочные плиты, вибрационные установки, навесные гидротрамбовки, вибраторы и др.

Для транспортирования грунта используют *автосамосвалы* грузоподъемностью 3,5; 4,5; 5; 7; 10; 15; 27; 40 и 75 *т*, *автопоезда* из автомобилей ЗИЛ или МАЗ и самосвальных прицепов; *ленточные конвейеры* и специально оборудованные *саморазгружающиеся вагоны* (думпкары, гондолы). В перспективе намечается создание специальных автосамосвалов-землевозов и полуприцепов-самосвалов грузоподъемностью до 180—300 *т* с дизель-электрическим приводом.

Наличие различных землеройно-транспортных машин, механизмов и специального оборудования все же не обеспечивает полной ликвидации ручного труда, особенно при выполнении малых объемов работ, связанных с зачисткой и планировкой траншей, приямков, отделкой откосов, подготовкой песчаных подушек под фундаменты, засыпкой, разравниванием и уплотнением грунтов в стесненных условиях и т. п. Затраты ручного труда на эти работы будут снижаться по мере оснащения строительных организаций универсальными планировщиками, сменным оборудованием к гидравлическим экскаваторам (для зачистных и планировочных работ), малогабаритными бульдозерами, средствами механизации уплотнения грунта в стесненных условиях, эффективными машинами для разработки мерзлого грунта.

Глава 2

РАЗРАБОТКА ГРУНТА ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ ПЛОЩАДОК

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Площадкам, отведенным под строительство зданий и сооружений или для благоустройства территорий, придают рельеф и отметки, заданные проектом **вертикальной планировки.** Вертикальную планировку начинают с подготовительных работ: сноса строений, очистки территории от пней, валунов и т. п. (см. разд. II). К основным работам относят разработку грунта на участках выемки, транспортирование и укладку его с уплотнением в насыпи, окончательную планировку площадки и откосов. Одновременно выполняют вспомогательные работы: оборудуют забой, передвигают на новые позиции осветительные вышки и т. п.

Способы выполнения ведущих процессов— выемки и транспортирования грунта — зависят от объема и сроков выполнения работ, характеристики грунтов, рельефа местности, рабочих отметок площадки, местных и климатических условий.

При планировке площадок грунт разрабатывают бульдозерами, скреперами, одноковшовыми экскаваторами и средствами гидромеханизации.

§ 2. ПЛАНИРОВКА ПЛОЩАДОК БУЛЬДОЗЕРАМИ И СКРЕПЕРАМИ

Бульдозеры применяют для разработки грунта и перемещения его на расстояние до 70, а в отдельных случаях до 100 *м*.

По трудности разработки бульдозерами грунты делят на три группы: I — грунт растительного слоя и суглинки всех видов; II —песчаные грунты, тяжелые суглинки и мягкие глины; III — тяжелые глины и сыпучие (дюнные) пески.

Тяжелые грунты предварительно разрыхляют прицепными или навесными тракторными рыхлителями, а также откидными зубьями, установленными на отвале бульдозера. При разработке сыпучих грунтов на торцах отвала бульдозера рекомендуется устанавливать открылки (уширители).

Цикл работы бульдозера состоит из резания и перемещения грунта, разгрузки и холостого хода.

Резать и перемещать грунт целесообразно под уклон до 10—15° *стружкой прямоугольного сечения*

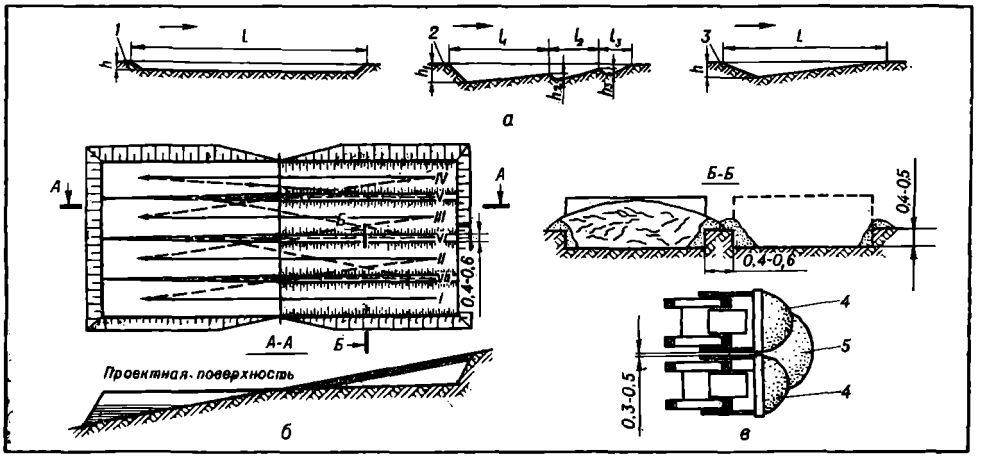


Рис. III.2. Схемы работы бульдозера при планировке площадки:

а — схемы резания грунта; *б* — траншейный способ разработки грунта; *в* — групповая работа бульдозеров; *1* — резание тонкой стружкой одинаковой толщины; *2* — резание гребенчатым профилем; *3* — то же, клиновидным профилем; *4* — грунт, перемещаемый одиночным бульдозером; *5* — дополнительный объем грунта, перемещаемого двумя бульдозерами, двигающимися рядом; *I*— *VII*— последовательность разработки.

возможно большей толщины, что увеличивает объем транспортируемого грунта перед отвалом и скорость движения бульдозера. На горизонтальных участках резание производят *клиновидной стружкой*, а при разработке плотных грунтов — *гребенчатым профилем* (рис. III.2,*а*). В последнем случае машинист бульдозера сначала заглубляет нож на максимально возможную глубину, затем (вследствие перегрузки двигателя трактора) частично его приподнимает и снова заглубляет, повторяя этот прием до полного накопления грунта впереди отвала. Автоматические приборы для управления бульдозерами («Автоплан») обеспечивают оптимальный режим резания грунта, что повышает производительность бульдозера и облегчает труд машиниста.

Схемы разработки грунта. С целью уменьшения потерь грунта в пути его срезают *послойно* каждый раз по одному и тому же следу, разрабатывая траншею глубиной до 0,5 *м* (рис. III. 2,*б*). Затем гребни между траншеями срезают и тем же способом углубляют выемку.

Применяют также *спаренную* (рис. III. 2,*в*) или *групповую работу бульдозеров*, двигающихся рядом с одинаковой скоростью на расстоянии до 0,5 *м* один от другого.

При дальности перемещения до 50 *м* грунт целесообразно разрабатывать по *челночной* (маятниковой) *схеме*: отсыпав грунт, бульдозер возвращается задним ходом. Это позволяет экономить время, обычно расходуемое на повороты, и уменьшает износ ходовой части трактора. На бо́льшие расстояния перемещать грунт по этой схеме нерационально из-за увеличения потерь времени на холостой ход вследствие малой задней скорости трактора. В таких случаях лучше разрабатывать грунт по *эллиптической схеме* или с промежуточным *складированием в валки* через каждые 20—25 *м*.

Сменную эксплуатационную производительность бульдозера определяют по формуле

$$П_э = \frac{3600cVK_cK_{укл}K_в}{t_ц} \ м^3/смену, \quad (III.34)$$

где c — продолжительность смены, *ч*; V — объем грунта в плотном теле, перемещаемого отвалом, $м^3$:

$$V \approx \frac{aH^3}{2 \operatorname{tg} \varphi K_р} \ м^3. \quad (III.35)$$

Здесь a — длина отвала, *м*; H — высота отвала, *м*; φ — угол естественного откоса грунта, *град*; $K_р$ — коэффициент разрыхления грунта; $K_с$ — коэффициент сохранения грунта во время его транспортирования, принимаемый следующим образом:

$$K_с = 1 - 0{,}005\ l. \quad (III.36)$$

Здесь l—расстояние перемещения грунта, *м*; $K_{укл}$ — коэффициент влияния уклона на участке; $K_в$ — коэффициент использования машины по времени, учитывающий потери времени на ее обслуживание и уход за ней, на перемещение с одного участка на другой и т. п.; $t_ц$ — длительность цикла, *сек*, вычисляемая так:

$$t_ц = t_р + t_п + t_о + t_{пов} \ сек. \quad (III.37)$$

Здесь $t_р + t_п + t_{об} + t_{пов}$ — продолжительность резания, перемещения, обратного хода и поворота, *сек*.

Разравнивание, или окончательную планировку грунта, уложенного бульдозером, осуществляют приподнятым отвалом при движении вперед либо опущенным отвалом (его пятой и тыльной стороной) при движении назад.

Скреперами выполняют комплекс земляных работ: разрабатывают грунт с одновременным наполнением ковша, транспортируют его к месту укладки, разгружают слоем заданной толщины с частичным уплотнением. По сравнению с другими землеройно-транспортными машинами скреперы обладают рядом преимуществ: конструкция их проще, они более удобны в эксплуатации, легки в управлении, надежнее в работе. Самоходные скреперы, кроме того, имеют высокую скорость передвижения и мобильность.

Прицепные тракторные скреперы с ковшом емкостью до 5 $м^3$ применяют при транспортировании грунта на расстояние до 300 *м*; с ковшом 6—10 $м^3$ — до

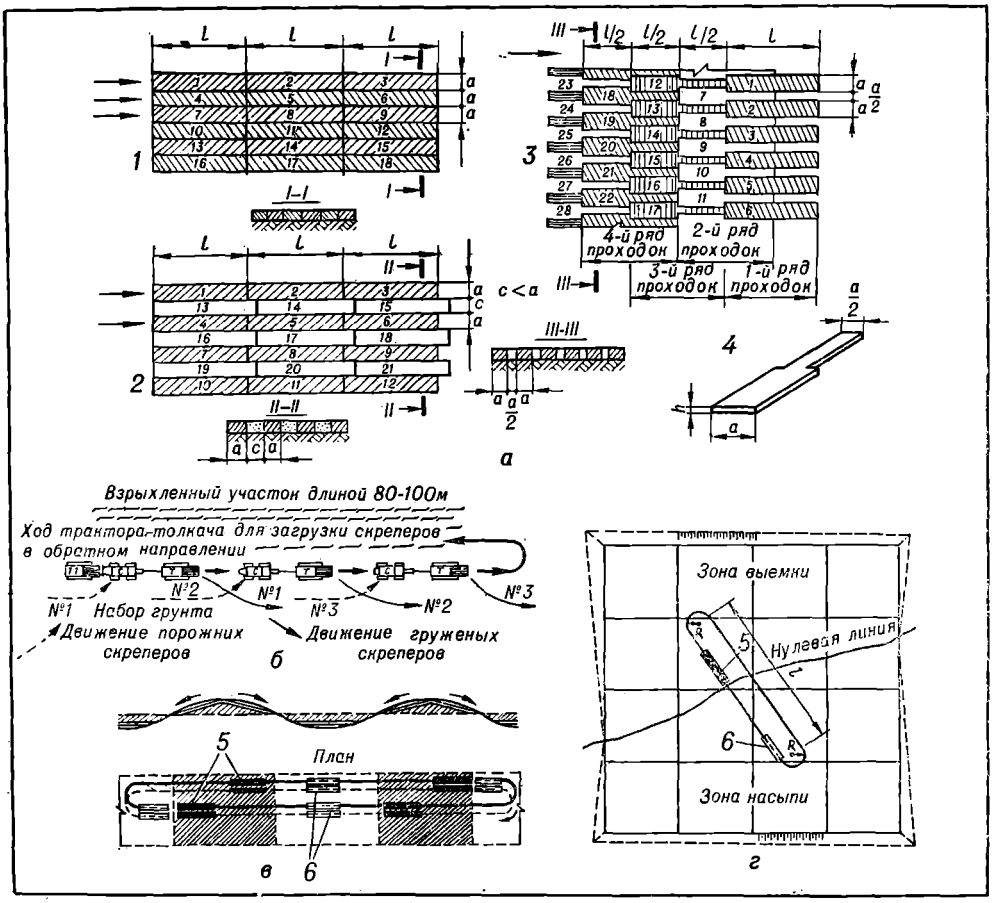


Рис. III.3. Планировка площадок скреперами:

а — схемы разработки грунта; *б* — схема загрузки скреперов с помощью толкача (ТТ — трактор-толкач, Т — трактор, С — скрепер); *в* — схема перемещения скреперов по эллипсу на участке с чередующимися насыпями и выемками; *г* — то же, при планировке площадки; *1* — разработка по схеме полоса рядом с полосой; *2* — то же, через полосу; *3* — то же, ребристо-шахматными проходками; *4* — форма стружки; *5* — набор грунта; *6* — разгрузка.

750 *м* и с ковшом 15 *м*^{3}— до 1000 *м*. *Самоходные скреперы* целесообразно использовать при перемещении грунта на 0,5—5 *км*.

По трудности разработки скреперами грунты разделяют на две группы: I — растительный слой и легкие суглинки всех видов, II — глины, тяжелые суглинки и песчаные грунты.

Разрабатывать скреперами мокрые глинистые и сухие песчаные грунты не рекомендуется: на таких грунтах значительно снижается производительность машин. Тяжелые грунты предварительно разрыхляют.

Резать грунт скреперами можно тонкой стружкой, а также клиновидным или гребенчатым профилем. Резание *тонкой стружкой* удлиняет путь набора грунта и снижает производительность скрепера. Резание *клиновидным профилем* при максимальном заглублении ножа (до 30 *см*) сокращает путь резания и является наиболее производительным, но осуществить подобный режим работы скрепера довольно трудно. Поэтому чаще всего грунт режут *гребенчатым профилем*.

Для этого машинист скрепера, ориентируясь на обороты двигателя, маневрирует ковшом в зависимости от хода его

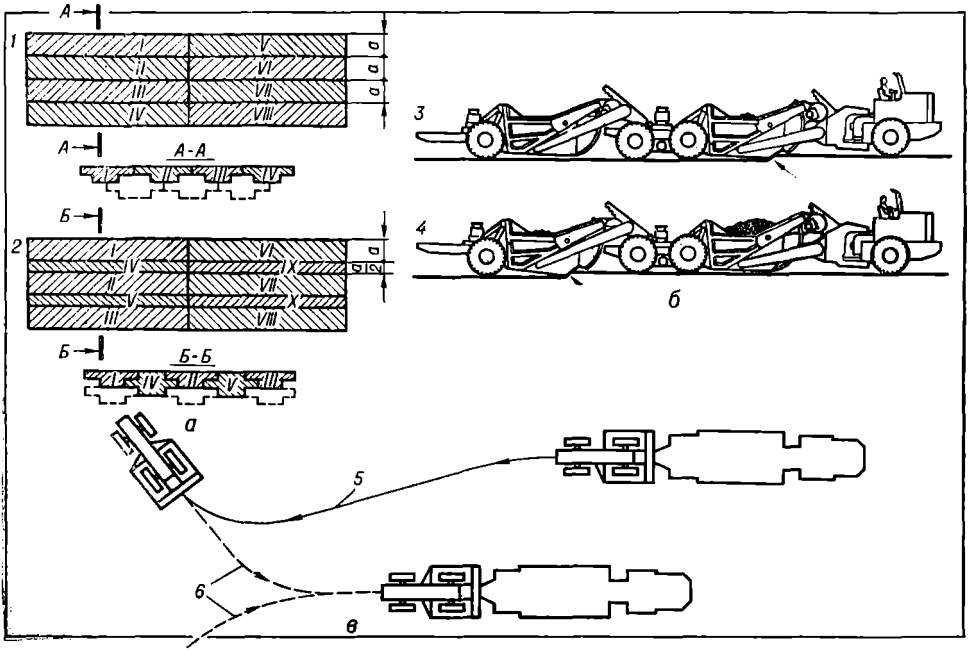


Рис. III.4. Планировка площадок самоходными скреперами:

а — схемы резания грунта; *б* — схема загрузки скреперного поезда без толкача; *в* — схема загрузки скрепера трактором-толкачом; *I — X* — последовательность разработки; *1* — резание по схеме полоса рядом с полосой; *2* — то же, через полосу; *3* — загрузка переднего скрепера — задний действует как толкач; *4* — загрузка заднего скрепера — передний выполняет роль тягача; *5* — путь возврата толкача в исходную позицию; *6* — участки пути скрепера и толкача перед началом загрузки.

наполнения, а именно: когда ковш еще пустой и, следовательно, трактор не тратит дополнительного усилия на перемещение грунта, ковш врезается в грунт на максимально возможную глубину, но как только двигатель начинает сбавлять число оборотов, машинист выглубляет ковш примерно на 70%. После восстановления нормальной работы двигателя ковш снова врезается в грунт. Так в процессе резания несколько раз изменяется толщина стружки, которая в профиле получает гребенчатую форму.

Автоматические приборы типа «Стабилоплан», устанавливаемые на скреперах, позволяют полнее использовать мощность двигателя при резании грунта и облегчить труд машиниста.

Применяют такие схемы последовательности разработки грунта: полоса рядом с полосой, через полосу, ребристо-шахматным порядком (рис. III.3,*а*), а также с загрузкой по цепочке (рис. III.3,*б*).

Разработка грунта по схеме *полоса рядом с полосой* скреперами с обычными прямоугольными ножами не эффективна из-за потерь грунта в виде боковых валиков. Разработка проходками *через полосу* и по *ребристо-шахматной схеме* уменьшает рассыпание грунта при резании и улучшает условия наполнения ковша. При ребристо-шахматной разработке стружка со второго ряда заходок в конце наполнения ковша уменьшается по ширине, что снижает сопротивление резанию и наполнению ковша, способствует энергичному поступлению грунта в ковш и его наполнению с «шапкой».

Резание грунта самоходными скреперами производят по схемам полоса рядом с полосой и через полосу (рис. III. 4,*а*). Ступенчатая форма ножа позволяет вырезать стружку с утолщенной средней частью, образующей небольшую траншею, которая не дает грунту рассыпаться по сторонам.

Разработка *с загрузкой по цепочке* (см. рис. III.3,*б*) эффективна при наборе грунта большегрузными прицепными (тракторными) и самоходными скреперами с помощью трактора-толкача. При этом сокращается холостой ход толкача и ускоряется переход его от одного скрепера к другому.

Самоходные скреперы, в том числе и скреперы с мотор-колесами, набирают грунт только с помощью трактора-толкача. Пневмоколесный трактор-толкач (рис. III.4,*в*) с буфером-амортизатором может начинать процесс толкания с ходу при скорости 10—12 *км/ч*.

В скреперных поездах из двух-трех скреперов (рис. III.4,*б*) лучше, чем в одиночных скреперах, используется сцепной вес ввиду большего числа ведущих колес, и благодаря этому они могут разрабатывать грунт без помощи толкача.

Значительное влияние на режим резания оказывает наклон рельефа к горизонту. По этому признаку разработку можно вести под уклон, горизонтальными слоями и на подъем.

Наибольшая производительность скреперов достигается при их движении *под уклон* 3—7° и срезании грунта толстой стружкой одинаковой толщины. Это обеспечивает максимальное наполнение ковша и сокращает длину пути и время набора в 1,3—1,6 раза по сравнению с разработкой *горизонтальными слоями*. Увлажненные связные и песчаные грунты можно разрабатывать *на подъем*. При этом исключается образование призмы волочения и растекание грунта по сторонам.

При планировке площадок движение скреперов организуют в основном по эллиптической схеме (рис. III.3,*в*, *г*).

Грунт в насыпь разгружают горизонтальными или слабонаклонными продольными полосами (слоями толщиной 100—350 *мм*) в зависимости от свойств грунта и средств его уплотнения. В частности, песчаные грунты для лучшего их уплотнения отсыпают тонкими слоями. (Подробнее см. § 5 этой главы).

Сменную эксплуатационную производительность скрепера определяют по формуле

$$П_э = \frac{3600\, cqK_1K_hK_в}{t_ц}\ м^3/смену. \quad (III.38)$$

Здесь c — продолжительность смены, *ч*; q — емкость ковша, $м^3$; K_1 — коэффициент наполнения ковша плотным грунтом, вычисляемый так:

$$K_1 = K_н/K_р,$$

где $K_н$ — коэффициент наполнения ковша рыхлым грунтом; $K_р$ — коэффициент разрыхления грунта; K_h — коэффициент влияния глубины выемки или высоты насыпи на производительность самоходного скрепера; $K_в$ — коэффициент использования скрепера по времени; $t_ц$ — длительность цикла при разработке первых горизонтов или отсыпке первых слоев, *сек*:

$$t_ц = t_з + t_г + t_р + t_п + t_{пов}. \quad (III.39)$$

Здесь $t_з$, $t_г$, $t_р$, $t_п$, $t_{пов}$ — продолжительность загрузки ковша, движения груженого скрепера, разгрузки скрепера, движения порожнего скрепера и время на повороты, *сек*.

§ 3. ПЛАНИРОВКА ПЛОЩАДОК ЭКСКАВАТОРАМИ

Экскаваторы, оборудованные прямой лопатой, в комплекте с транспортными средствами применяют при планировке площадок, когда рельеф местности позволяет вести разработку забоями достаточной высоты и грунт надо перевозить на значительное расстояние.

Забоем называют рабочую зону, включающую площадку, на которой находится экскаватор, часть разрабатываемого массива, где ведется выемка грунта, и площадку для транспортных средств.

Экскаватор с ковшом требуемой емкости выбирают в зависимости от объемов работ, характеристики грунта и рабочих отметок забоя. Последние должны быть такими, чтобы за одно черпание обеспечить полное заполнение ковша. Наиболее эффективно экскаватор работает, если высота забоя не более чем на 20% превышает вертикальное расстояние от уровня его стоянки до напорного вала.

По трудности разработки одноковшовыми экскаваторами грунты разделяют на шесть групп: I — грунт растительного слоя, лесс и песок всех

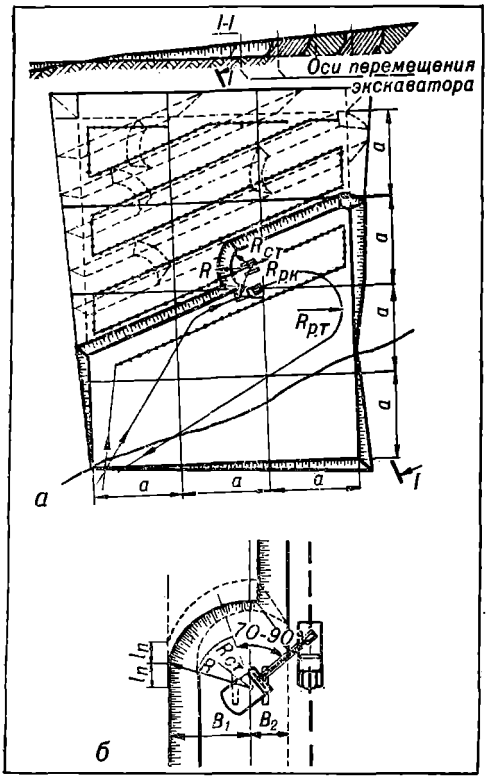


Рис. III. 5. Схема разработки грунта экскаватором боковыми проходками:

а — разрез и план выемки; *б* — план забоя (*R* — наибольший радиус резания; $R_{ст}$ — то же, на уровне стоянки; $R_{р.к}$ — радиус разгрузки ковша; $R_{р.т}$ — радиус разворота транспортной единицы).

видов; II — суглинок с примесью гравия и мягкой глины; III — тяжелая ломовая глина; IV — твердая глина; V — предварительно разрыхленные мерзлые грунты; VI — то же, скальные грунты.

На планировочных работах чаще всего используют экскаватор с ковшом емкостью 0,5—1 *м*³. Для разработки легких и средних грунтов более эффективны сменные ковши несколько большей емкости со сплошной режущей кромкой.

Планировать площадки экскаватором с прямой лопатой рекомендуется боковыми проходками с подачей транспорта на уровне подошвы забоя параллельно оси перемещения экскаватора (рис. III.5). При этом наименьшая длительность цикла достигается при угле поворота экскаватора 70—90°

Экскаватор располагают в забое так, чтобы ось его перемещения находилась от бровки внутреннего откоса на расстоянии

$$B_1 \leqslant \sqrt{R^2 - l_п^2}\ м, \qquad (III.40)$$

где R — наибольший радиус резания, *м*; $l_п$ — длина рабочей передвижки, *м*.

Расстояние от оси до подошвы внешнего откоса не должно превышать величины

$$B_2 = 0{,}7\ R_{ст}\ м, \qquad (III.41)$$

где $R_{ст}$ — наибольший радиус резания на уровне стоянки экскаватора, *м*.

Эксплуатационную сменную производительность экскаватора определяют по формуле

$$П_э = 60\ cqn_т K_1 K_в\ м^3/смену. \qquad (III.42)$$

Здесь $n_т = \frac{60}{t_ц}$ — техническое количество циклов в 1 *мин*, где $t_ц$ — длительность цикла, *сек*; $K_в$ — коэффициент использования сменного времени, учитывающий условия работы, влияние передвижки экскаватора, способы подачи транспортных средств и т. п.

Грунт от экскаватора чаще всего перевозят автосамосвалами (ввиду хорошей их маневренности), реже транспортируют тракторными прицепами, ленточными конвейерами, железнодорожными составами и гидравлическим способом.

Количество транспортных единиц (автосамосвалов, автосамосвалов с прицепами, составов) при условии непрерывной работы экскаватора определяют по формуле

$$N = П_э/П_т\ шт., \qquad (III.43)$$

или

$$N = t_ц/t_п\ шт., \qquad (III.44)$$

где $П_э$ — производительность экскаватора, *м*³/*смену*; $П_т$ — то же, транспортной единицы, *м*³/*смену*; $t_ц$ — длительность

цикла работы транспортной единицы, *мин*, вычисляемая по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{п}} + \frac{120\ l}{v_{\text{ср}}} + t_{\text{р. м}}. \qquad \text{(III.45)}$$

Здесь l — дальность возки грунта, *км*; $v_{\text{ср}}$ — средняя расчетная скорость движения с грузом и порожняком, *км/ч*; $t_{\text{р. м}}$ — длительность разгрузки с маневрированием, *мин*; $t_{\text{п}}$ — длительность погрузки транспортной единицы, *мин*, вычисляемая по формуле

$$t_{\text{п}} = \frac{mM}{n_{\text{т}} K_{\text{т}}}\ \text{мин}. \qquad \text{(III.46)}$$

Здесь m — число транспортных единиц, шт. (для автомобилей без прицепов $m = 1$); $M = \frac{P}{qK_{\text{t}}}$ — количество ковшей грунта, разгружаемых в кузов (принимается целым числом), шт., где P — емкость транспортной единицы, $м^3$ грунта в плотном теле; q — емкость ковша экскаватора, $м^3$; $K_{\text{т}}$ — коэффициент, зависящий от способа разработки и учитывающий потери времени на смену транспорта (составов или самосвалов), а также передвижку составов в процессе погрузки.

Для эффективного использования экскаватора и транспортных средств целесообразно принимать емкость транспортной единицы равной 4—10 объемам ковша экскаватора.

§ 4. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

При производстве земляных работ гидромеханическим способом грунт разрабатывают, транспортируют и укладывают в тело сооружения или в отвал с помощью воды. Этот способ выгоден при наличии легкоразмываемых грунтов и достаточных ресурсов воды.

К достоинствам гидромеханизации следует отнести высокую производительность, непрерывность подачи грунта, в том числе и в труднодоступные участки, возможность разработки обводненных и подводных выемок без осушительных и водопонизительных работ, низкую стоимость.

При вертикальной планировке размывают грунт на участках выемок и укладывают его в насыпь. Большие площадки намывают грунтом из карьеров, расположенных на суше или на дне реки (водоема). *При разработке грунта на суше* применяют гидромониторные установки (рис. III.6,*а*, *б*), а *при подводной разработке* — землесосные снаряды (рис. III.6,*в*).

Гидромониторная установка состоит из гидромониторов, присоединенных к магистральному трубопроводу, по которому из насосной станции подают воду. На конец ствола каждого гидромонитора навинчивается насадка, формирующая выбрасываемую с большой кинетической энергией струю, которая превращает грунт в гидросмесь (пульпу),

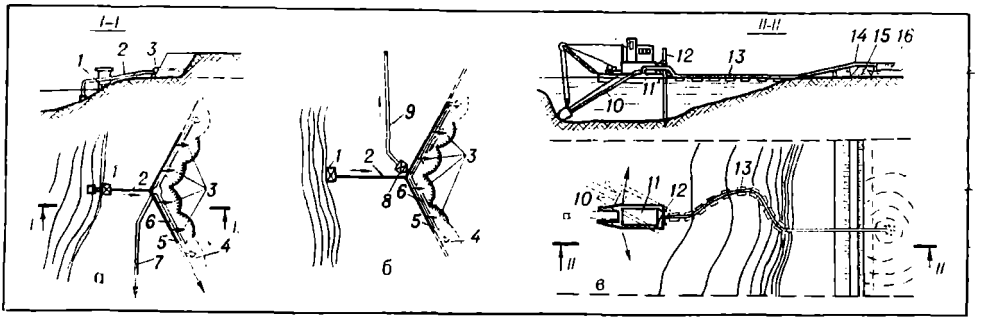


Рис. III.6. Схема разработки грунта средствами гидромеханизации:

а — разработка грунта гидромониторами с транспортированием пульпы самотеком; *б* — то же, с транспортированием пульпы землесосом; *в* — схема работы плавучего землесосного снаряда; *1* — насосная станция; *2* — магистральный водовод; *3* — гидромониторы; *4* — передвигаемые гидромониторы; *5* — разводящий водовод; *6* — лотки или канавы; *7* — самотечный пульповод; *8* — колодец (зумпф) и землесосная установка; *9* — напорный пульповод; *10* — всасывающее устройство; *11* — судно с насосной установкой; *12* — папильонажные сваи; *13* — плавучий пульповод; *14* — береговой пульповод на эстакаде; *15* — обвалование; *16* — намываемое земляное сооружение.

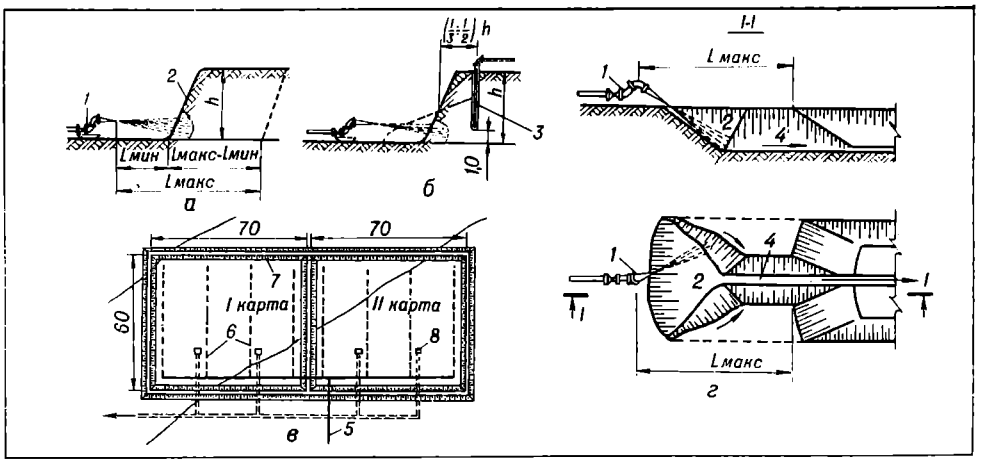


Рис. III.7. Планировка площадки гидромеханическим способом:

а — размыв грунта гидромонитором встречным забоем снизу вверх; *б* — то же, с дополнительным размывом грунта через скважину; *в* — схема намыва площадки; *г* — размыв грунта попутным забоем сверху вниз; *1* — гидромонитор; *2* — первоначальный забой; *3* — скважина; *4* — канава для отвода пульпы; *5* — магистральный пульповод; *6* — распределительные пульповоды; *7* — дамба обвалования; *8* — водоотводные колодцы.

направляемую самотеком по лоткам или канавам в насыпь (рис. III.6,*а*). При расположении насыпи выше уровня забоя, а также для увеличения дальности подачи пульпы ее перекачивают по пульповоду землесосной установкой (рис. III.6,*б*).

По трудности разработки гидромониторами песчаные грунты относятся к I и II, а глинистые — к III—VI группам. Удельный расход воды на 1 $м^3$ грунта для песчаных грунтов составляет 3,5—9 $м^3$ при рабочем давлении 0,25 $Мн/м^2$ (2,5 $кгс/см^2$), для глин и суглинков от 5 до 14 $м^3$ при рабочем давлении 0,2—0,7 $Мн/м^2$ (2—7 $кгс/см^2$). При разработке песчано-гравелисто-галечных смесей требуется до 22 $м^3$ воды при давлении 0,5 $Мн/м^2$ (5 $кгс/см^2$).

Расход воды и скорость струи регулируют сменными насадками диаметром от 50 до 200 *мм*.

Водопроизводительность, т. е. количество воды, выбрасываемое гидромонитором для размыва грунта в забое, определяют по формуле

$$Q_в = Fv = F\mu\sqrt{2gH} \quad м^3/сек, \quad (III.47)$$

где F — площадь поперечного сечения насадки у выхода, $м^2$; v — скорость истечения воды из насадки, *м/сек*; μ — коэффициент расхода, равный 0,9—0,93; g — ускорение свободного падения, $м/сек^2$; H — напор у насадки, *м вод. ст.*

Тогда можно рассчитать производительность гидромонитора по грунту

$$Q_{гр} = \frac{3600Q_в}{q_{уд}} \quad м^3/ч. \quad (III.48)$$

Здесь $q_{уд}$ — удельный расход воды, требуемый для размыва и транспортирования 1 $м^3$ грунта, $м^3$.

Различают две схемы размыва грунта гидромониторами: встречным забоем — снизу вверх (рис. III.7,*а*) и попутным забоем — сверху вниз (рис. III.7,*г*).

При *встречном забое* гидромонитор устанавливают на подошве забоя и ведут размыв в направлении, обратном стоку пульпы. Недостаток этого способа заключается в образовании недомывов, для уборки которых нужны дополнительные гидромониторы или бульдозеры.

Процессы разработки песков и глин существенно различаются. В несвязном грунте струей смывают грунт со всей ширины откоса, равного углу естественного откоса. В связных грунтах рабочий откос забоя близок к вертикали. В этом случае забой сначала подрезают снизу до его обрушения, затем смывают обру-

шенный грунт. Последний процесс протекает интенсивно.

Подрезка забоя более трудна, поскольку разрабатывается плотный грунт.

Увеличить производительность гидромониторов можно, нагнетая воду в скважины по трубам под давлением до 0,7 *Мн/м*^{2} (7 *кгс/см*^{2}) (рис. III.7,*б*). Насыщенный водою грунт легче размывается гидромонитором. Этот метод особенно эффективен при разработке пористых грунтов (например, лесса).

Исходя из требований техники безопасности, минимальное приближение гидромонитора до груди забоя определяют зависимостью

$$L_{мин} \geqslant \varphi' h \ м, \qquad (III.49)$$

где φ' — коэффициент, принимаемый для лессовидных грунтов — 1,2; глин — 1, песчаных грунтов — 0,6÷0,8 и суглинков — 0,4 ÷ 0,6; h — высота забоя, *м*.

Наибольшую разрушающую силу струя имеет на расстоянии 3—4 *м* от насадки. Поэтому рационально применять гидромониторы ближнего боя.

С увеличением расстояния размывающая способность струи уменьшается. С одной стоянки гидромонитора грунт разрабатывают до тех пор, пока мощность струи окажется недостаточной для размыва. Этот момент наступает после выработки элемента забоя глубиной

$$l_п = L_{макс} - L_{мин}. \qquad (III.50)$$

После этого гидромонитор передвигают на новую позицию. Максимальное расстояние его от забоя определяют по формуле

$$L_{макс} = (0{,}35 \div 0{,}4) H \ м, \qquad (III.51)$$

где верхний предел коэффициента (0,4) принимают для напора H у насадки до 80 *м вод. ст.* и нижний (0,35) — для напора свыше 80 *м вод. ст.*

При *попутном забое* гидромонитор устанавливают на бровке забоя. Направление струи гидромониторов совпадает с направлением движения пульпы, благодаря чему не требуется больших уклонов для ее отвода. Струей воды сначала размывают осевую канаву для отвода пульпы, затем — забой в непосредственной близости от гидромонитора и откоса канавы; после этого гидромонитор передвигают на новую позицию и сокращают звенья труб на соответствующую длину. Ширина разрабатываемого элемента забоя составляет примерно 10—15 *м*.

Достоинством разработки грунта попутным забоем является то, что гидромониторы находятся на сухом месте, следовательно, обеспечиваются хорошие условия для обслуживающего персонала. Недостаток этого способа — значительное снижение интенсивности размыва ввиду плохого использования обрушения забоя.

Транспортировать пульпу можно *самотеком*, когда величина уклонов стоков, зависящая от вида грунта и крупности его частиц, обеспечивает движение ее с частицами грунта во взвешенном состоянии.

При транспортировании пульпы *под напором* скорость движения ее в пульповоде во избежание заиливания труб должна быть выше критической. (Критическая скорость потока соответствует началу осаждения твердых частиц на дно и в зависимости от свойств грунта, объемной консистенции пульпы равна 1,5—6 *м/сек*).

Пульпу, собираемую в колодце (зумпфе), перекачивают грунтовым насосом или гидроэлеватором в насыпь. Грунтовой насос представляет собой центробежный насос для перекачки воды с твердыми частицами. Гидроэлеватор — это водоструйный насос, в корпусе которого вследствие большой скорости движения воды создается разрежение. Под его влиянием гидросмесь всасывается в насос, смешивается со струей воды и подается по напорному трубопроводу к месту укладки грунта.

Землесосными снарядами (земснарядами) площадки намываются в результате подачи в насыпи по напорным трубопроводам пульпы со дна водоемов (см. рис. III.6,*в*).

Земснаряд представляет собой несамоходное судно, оборудованное грунтозаборным устройством для свободного всасывания или всасывания с попутным рыхлением механическими средствами (фрезами, вибраторами и пр.), грунтовым насосом, плавучим пульповодом на

понтонах, соединенным с береговым пульповодом, папильонажными сваями и лебедками с тросами, которые крепят за якоря.

На планировочных работах обычно применяют земснаряды производительностью до 150 $м^3/ч$, подающие пульпу на расстояние до 3,5 *км*.

Для разработки 1 $м^3$ песчаных грунтов расходуется 7—11 $м^3$ воды, песчано-гравийных и суглинистых — от 14 до 22 $м^3$.

Разработку грунта начинают с погружения до заданной отметки всасывающего устройства. В процессе его заглубления земснаряд время от времени отводят назад и в сторону для расширения воронки. Для дальнейшей разработки выемки земснаряд папильонируют, т. е. перемещают его в забое *свайно-канатным способом* с помощью тросов по дуге окружности, центром которой является одна из папильонажных свай, *канатным способом* — манипуляцией лебедками с периодической перекладкой якорей или *свайно-бесканатным способом* — поворотом грунтозаборного устройства вокруг вертикальной оси и подачей земснаряда вперед отталкиванием от напорной сваи.

Укладка грунта в насыпь основана на выпадении взвешенных его частиц из пульпы при снижении скорости потока до 0,3—0,03 *см/сек* после выпуска пульпы в отстойные бассейны, устраиваемые на месте будущей насыпи.

Насыпи, на которых предполагается строить какие-либо сооружения, намывают слоями толщиной 0,5—2,5 *м* песчаными или песчано-гравелистыми грунтами. Перед началом намыва контур будущей насыпи надо обваловать местным грунтом. Вал устраивают бульдозером.

Непрерывное ведение работ обеспечивают намывом грунта *участками-картами* (рис. III.7,*в*). Во время перекладки труб и устройства второго яруса обвалования на одной карте намывают грунт на смежной и т. д.

Для удаления осветленной воды из карт устраивают *водоотводные колодцы*, из которых вода стекает по трубам за пределы насыпи.

Гидромеханический способ производства работ по сравнению с использованием экскаваторов, скреперов и бульдозеров экономичнее и намного более производителен.

Комбинированный способ разработки предусматривает гидравлическое транспортирование грунта, разрабатываемого экскаваторами. Грунт погружают в передвижной бункер конвейера, с которого он поступает в приемный бункер передвижной землесосной установки. Здесь грунт размывается и удаляется самотеком по лоткам или перекачивается по напорному пульповоду в насыпь.

§ 5. УКЛАДКА ГРУНТА И ЕГО УПЛОТНЕНИЕ

При устройстве насыпей из грунтов, доставляемых автосамосвалами, площадку разбивают на карты: на первой грунт разгружают, на второй разравнивают, на третьей уплотняют.

Разравнивание производят бульдозерами. Толщина разравниваемых слоев должна соответствовать возможностям грунтоуплотняющих машин: если толщина недостаточна, эффективность использования машин на уплотнении будет низкой, в противном случае нельзя достигнуть требуемой степени уплотнения.

При укладке грунта скреперами его разравнивают ножом скрепера в процессе отсыпки.

Требуемое уплотнение грунта достигается с наименьшими затратами при оптимальной влажности грунта. В естественном залегании влажность грунта близка к оптимальной, поэтому его следует уплотнять сразу после отсыпки, чтобы избежать пересыхания. Недостаточно влажный грунт хуже поддается уплотнению, что увеличивает затраты труда. Такой грунт приходится доувлажнять.

Уплотняют грунт укаткой, трамбованием и вибрированием.

Катки с гладкими металлическими вальцами пригодны для уплотнения связных грунтов слоем до 15 *см*, поэтому их применение ограничено.

Кулачковые катки передают на грунт давление, значительно превосходящее предел его прочности. Такими машинами массой до 5 *т* уплот-

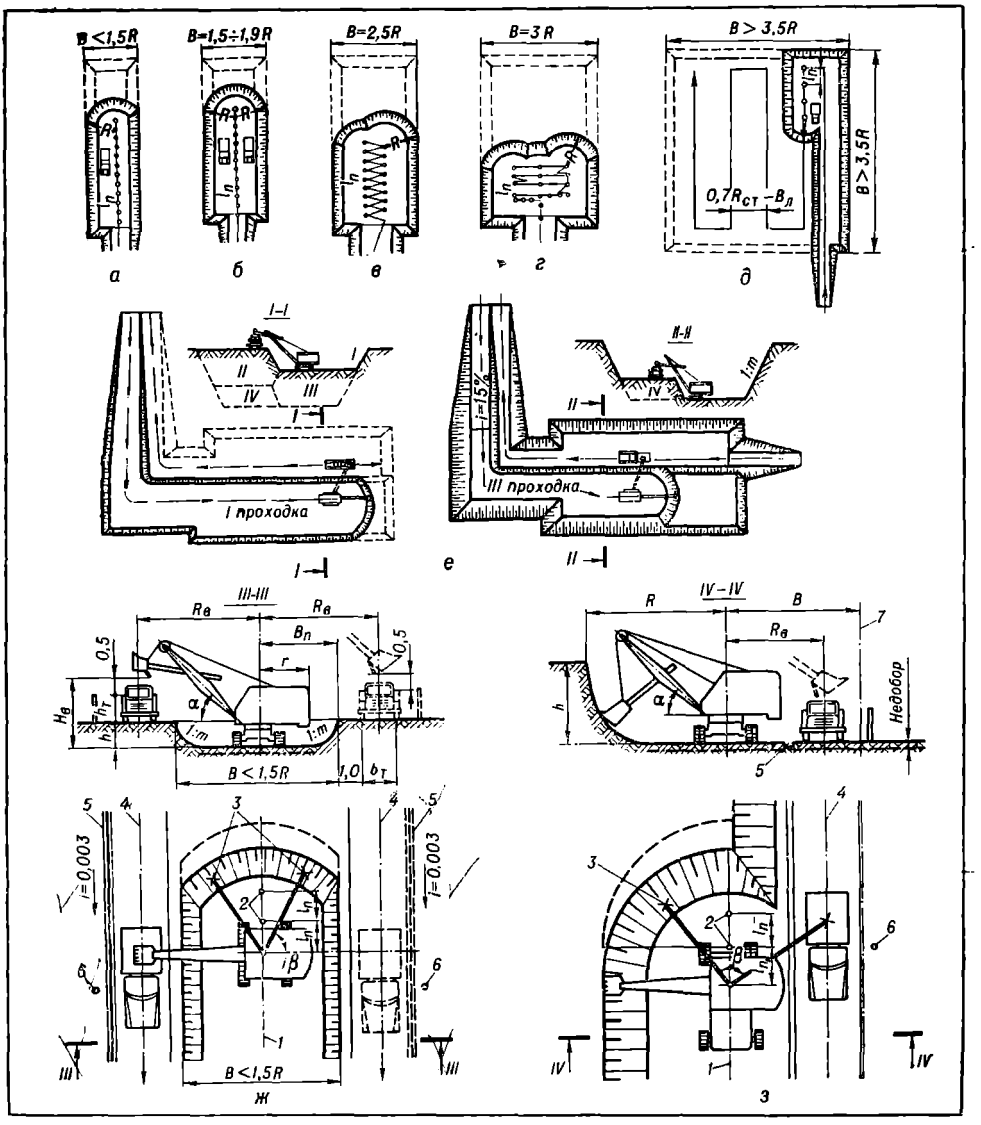


Рис. III.9. Разработка котлованов экскаватором, оборудованным прямой лопатой:

а — лобовая проходка с односторонней погрузкой грунта в автосамосвалы; *б* — то же, с двусторонней погрузкой; *в* — то же, с перемещением экскаватора по зигзагу; *г* — уширенная проходка с перемещением экскаватора поперек котлована; *д* — боковая проходка; *е* — разработка ярусами; *ж* — схема забоя при лобовой проходке; *з* — то же, при боковой проходке; I — IV — последовательность проходок экскаватора; *1* — ось проходки; *2* — стоянка экскаватора; *3* — центр тяжести забоев; *4* — оси движения автотранспорта; *5* — водоотводная канава; *6* — веха; *7* — ось предыдущей проходки; α — угол наклона стрелы; β — средний угол поворота.

скреперами) и гидромеханическим способом.

Экскаваторами с прямой лопатой разрабатывают котлованы преимущественно в сухих грунтах лобовыми или боковыми проходками с погрузкой грунта в транспортные средства (рис. III.9). Из-за конструктивных особенностей этого вида оборудования его почти не применяют для работы с отсыпкой в отвал. Емкость ковша выбирают в зависимости от объемов работ, глубины

котлована и характеристик грунта. В мокрых забоях (при высоком уровне грунтовых вод) надо устраивать водоотвод.

Возможность разработки котлована той или иной проходкой зависит от характеристики рабочего оборудования экскаватора, глубины копания и ширины котлована.

Разрабатывая котлован *лобовыми проходками*, транспортные средства размещают непосредственно в забое (рис. III.9,*а—г*) либо выше уровня подошвы забоя (рис. III.9,*ж*).

При расположении транспортных средств выше уровня подошвы забоя наибольшее расстояние от оси экскаватора до верхней бровки забоя определяют по формуле

$$B_{\text{п}} \leqslant R_{\text{в}} - \left(\frac{b_{\text{т}}}{2} + 1\right) \text{ м}, \qquad \text{(III.53)}$$

где $R_{\text{в}}$ — радиус выгрузки при наибольшей ее высоте, *м*; $b_{\text{т}}$ — ширина колеи автотранспорта или длина шпал рельсового пути, *м*; 1 — запас ширины с учетом возможности оползания бровки, *м*.

Наибольшую глубину котлована для описанных условий устанавливают из выражения

$$h \leqslant H_{\text{в}} - (h_{\text{т}} + 0{,}5) \text{ м}, \qquad \text{(III.54)}$$

где $H_{\text{в}}$ — наибольшая высота выгрузки, *м*; $h_{\text{т}}$ — высота транспортной единицы (до верха борта), *м*; 0,5 — минимально допустимое расстояние при выгрузке грунта между нижней кромкой открытого днища ковша экскаватора и верхом борта транспортного средства, *м*.

Котлованы шириной 1,5 R (рис. III.9,*а*) разрабатывают лобовой проходкой с односторонней погрузкой в транспортные средства. При ширине котлована от 1,5 до 1,9 R разработку ведут лобовой проходкой с двусторонней подачей транспортных средств (рис. III.9,*б*). Наибольшая ширина лобовой проходки при перемещении экскаватора по прямой должна быть

$$B_{\text{л}} \leqslant 2\sqrt{R^2 - l_{\text{п}}^2} \text{ м}, \qquad \text{(III.55)}$$

где $l_{\text{п}}$ — длина рабочей передвижки экскаватора, *м*.

Котлованы шириной от 1,9 R до 2,5 R разрабатывают *уширенной лобовой проходкой*, перемещая экскаватор по зигзагу (рис. III.9,*в*), а до 3,5 R — перемещая его поперек котлована (рис. III.9,*г*).

Широкие котлованы (более 3,5 R) разрабатывают вначале лобовой, а затем *боковыми проходками* (рис. III.5 и III.9,*д*,*з*). Максимальная ширина каждой боковой проходки

$$B_{\text{б}} \quad B_1 + 0{,}7R_{\text{ст}} \text{ м}. \qquad \text{(III.56)}$$

где $R_{\text{ст}}$ — наибольший радиус резания на уровне стоянки экскаватора, *м*.

Если глубина котлована превышает максимальную высоту резания экскаватора, то разработку ведут ярусами (рис. III.9,*е*), стремясь вписать минимальное число проходок в периметр котлована.

Для въезда в забой устраивают траншею с уклоном 0,1—0,15 и шириною по низу при одностороннем движении 3—3,5 *м* (рис. III.9,*а—е*).

Экскаваторами с обратной лопатой (или драглайном) котлованы разрабатывают торцовыми или боковыми проходками. Эти виды сменного оборудования позволяют располагать экскаватор выше уровня дна забоя, что особенно важно, когда грунты увлажненные или мокрые.

Наибольшую ширину *торцовой проходки* по верху при движении экскаватора по прямой (рис. III.10,*а*) и двусторонней подаче транспорта определяют по формуле (III.55), а по низу устанавливают из выражения

$$B' \leqslant 2(R_{\text{ст}} - h \operatorname{ctg} \varphi) \text{ м}. \qquad \text{(III.57)}$$

Ширина торцовой проходки при двусторонней погрузке транспортных средств находится в пределах 1,6—1,7 R. В случае односторонней подачи транспортных средств она уменьшается до 1,3 R и ось пути экскаватора перемещается в сторону расположения транспорта. Если устройство котлована предусмотрено с выгрузкой грунта в отвал, ширина проходки ограничивается необходимостью размещения грунта в отвалы с образованием бермы — площадки от бровки котлована до подошвы отвала.

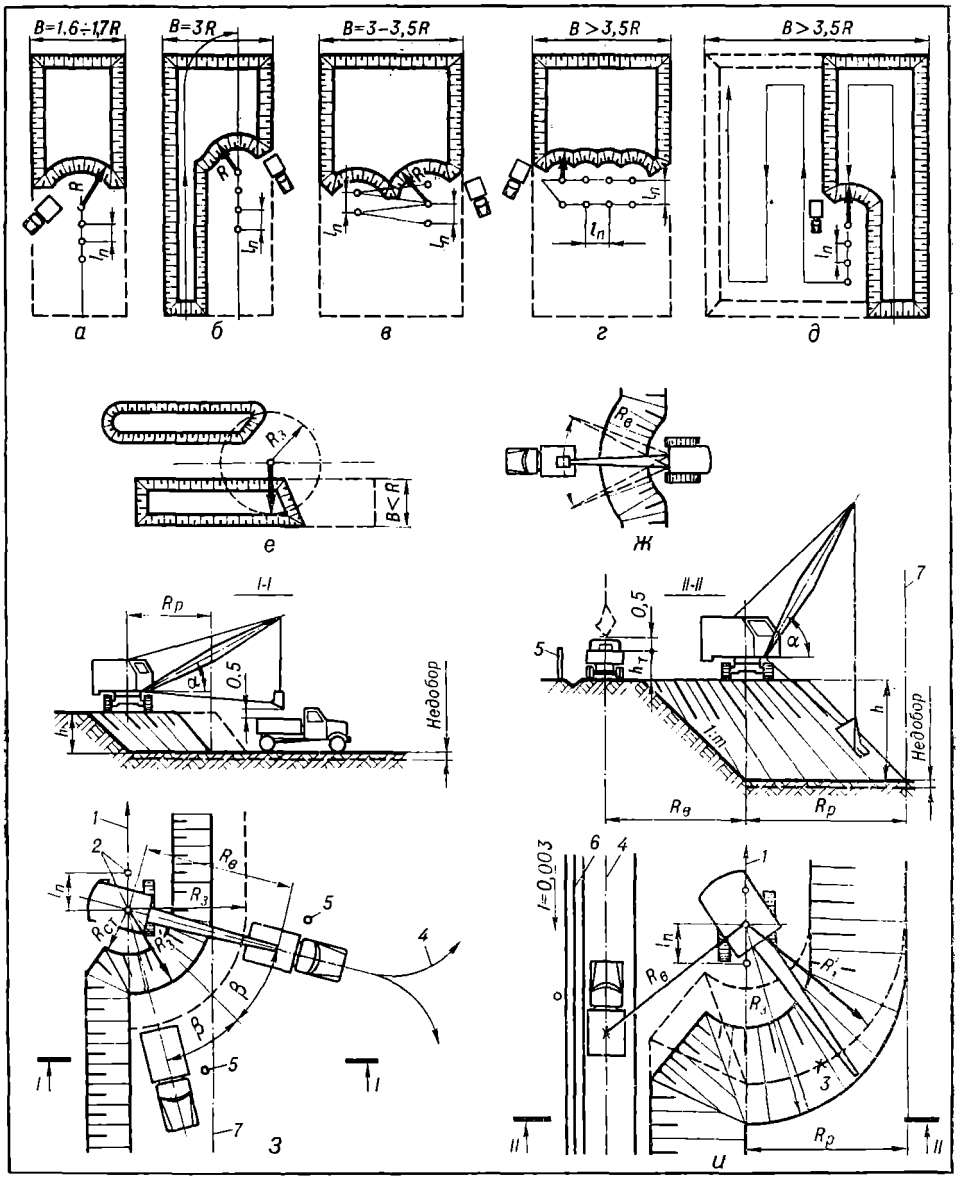


Рис. III.10. Разработка котлованов экскаватором, оборудованным обратной или драглайном:

а — торцовая проходка при перемещении экскаватора по прямой; *б* — то же, с двумя проходками экскаватора; *в* — то же, при зигзагообразном перемещении экскаватора; *г* — поперечно-торцовая проходка; *д* — продольно-торцовая разработка (драглайном); *е* — боковая проходка; *ж* — схема забоя при поперечно-челночной разработке котлована; *з* — то же, при продольно-челночной проходке; *и* — схема забоя продольно-торцовой проходки; *1* — ось проходки; *2* — стоянка экскаватора; *3* — центр тяжести забоя; *4* — ось движения автотранспорта; *5* — веха; *6* — водоотводная канава; *7* — ось предыдущей проходки; α — угол наклона стрелы; β — средний угол поворота.

Котлованы, ширина которых превышает максимальную ширину проходки при перемещении экскаватора по прямой, разрабатывают несколькими торцовыми проходками либо *зигзагообразным* или *поперечно-торцовым* перемещением экскаватора (рис. III.10, *в*, *г*, *д*). Угол поворота экскаватора при торцовых проходках и подаче транспортных средств со стороны разработки может быть до 30—60°.

Наибольшую ширину каждой последующей торцовой проходки (если разрабатывают один борт выемки) вычисляют по формуле

$$B \leqslant 2\sqrt{R^2 - l_{\text{п}}^2} - h \operatorname{ctg} \varphi \ м. \qquad \text{(III.58)}$$

Длина рабочей передвижки во всех случаях

$$l_{\text{п}} \leqslant R_{\text{з}} - R'_{\text{з}} \ м, \qquad \text{(III.59)}$$

где $R_{\text{з}}$ — наибольший радиус резания на уровне дна выемки (переменная величина, зависящая от глубины), *м*; $R'_{\text{з}}$ — наименьший радиус резания на уровне дна выемки (переменная величина, зависящая от глубины), *м*.

Поперечно-челночная схема разработки котлованов драглайном (рис. III. 10,*ж*) позволяет набирать грунт поочередно с каждой стороны автосамосвала, подаваемого по дну выемки, не прекращая поворота стрелы в момент выгрузки грунта. При *продольно-челночной схеме* (рис. III.10,*з*) грунт набирают перед задней стенкой кузова и, подняв ковш, разгружают его над кузовом. Вследствие уменьшения высоты подъема ковша и угла поворота экскаватора до 6—10° производительность экскаватора увеличивается в 1,5—2 раза. Эти схемы целесообразно применять в широких котлованах.

Если котлован разрабатывают *боковыми проходками* и грунт выгружают в отвал, рекомендуется работать по круговому циклу — поворотом экскаватора на 360° (рис. III.10,*е*).

Бульдозерами котлованы разрабатывают преимущественно траншейным способом по челночной схеме. Перемещают грунт вдоль оси котлована, начиная с середины в оба конца (рис. III. 11,*а*). При этом вначале разрабатывают первую захватку на глубину 0,8—1 *м*, затем вторую на ту же глубину, третью и т. д. Между траншеями оставляют перемычки нетронутого грунта шириной 0,5—1,2 *м*, который срезают после разработки нескольких траншей.

Скреперы применяют на разработке больших котлованов при возведении подземных частей промышленных объектов. Для их использования в котлованах устраивают въездную и выездную траншеи. (Подробнее см. с. 44).

Гидромеханическим способом работы выполняют в соответствии с рекомендациями, приведенными в § 4 гл. 2 этого раздела. При разработке выемки землесосными снарядами сначала устраивают в сухом месте пионерный котлован.

Аналогично поступают и при использовании гидромониторов. Для подъема пульпы землесосную установку располагают на уровне бровки котлована. Через каждые 3—3,5 *м* землесос переводят на дно котлована и продолжают углубление.

Срезку откосов и планировку дна котлована производят после разработки грунта экскаваторами. Если дно котлована является основанием для фундаментов, оставленный недобор грунта в пределах 10—30 *см* (в зависимости от типа экскаватора) срезают бульдозером, который перемещает грунт к экскаватору (рис. III.11,*б*) или (при небольших расстояниях перемещения и глубине котлована) удаляет его сам.

Если фундаменты запроектированы в траншеях и грунт разрабатывают ниже проектной отметки дна котлована, планировку производят бульдозером или вручную (используя вынутый из траншей грунт), а уплотнение — пневматическими трамбовками или катками.

Обратная засыпка пазух между стенами подвала и откосами котлована выполняется после устройства перекрытия над подвалом и гидроизоляции стен. Для этого используют излишки грунта, оставленные при рытье котлована, которые обычно перемещают к стенам бульдозером (рис. III.11,*в*). Грунт засыпают слоями толщиной 25—30 *см* и каждый слой уплотняют пневматическими трамбовками.

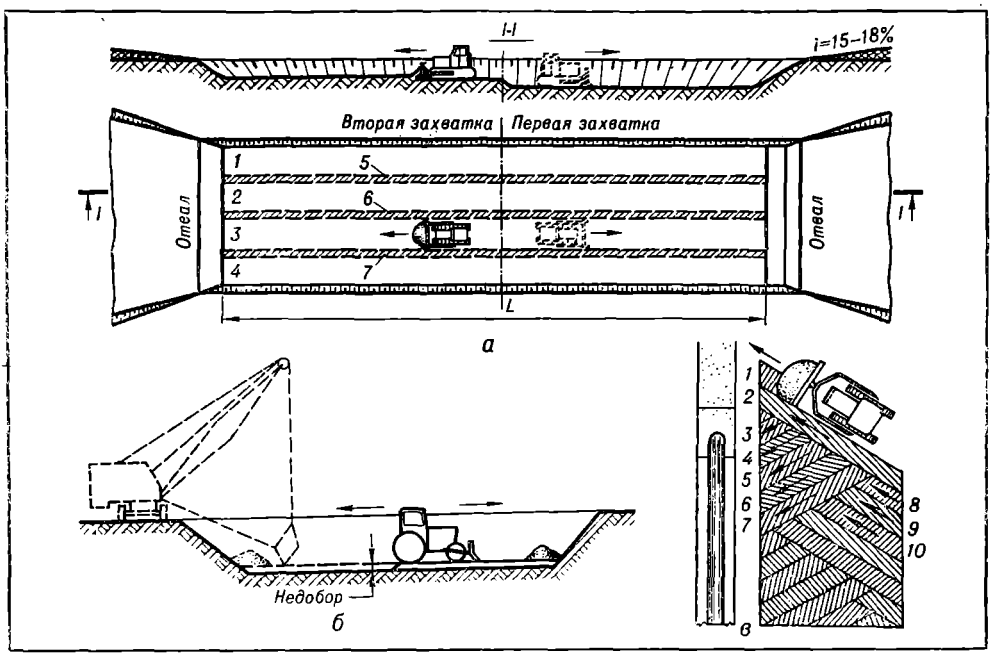


Рис. III.11. Схемы производства работ бульдозерами:
а — при разработке котлованов; *б* — при зачистке дна от недобора грунта; *в* — при засыпке траншеи косоперекрестными параллельными проходками (*1—10* — последовательность движения бульдозера).

§ 2. РЫТЬЕ ТРАНШЕЙ

Траншея — это временная выемка, устраиваемая для укладки труб и других инженерных сетей, а также ленточных фундаментов.

По форме различают траншеи с вертикальными стенками, которые в ряде случаев приходится крепить, с откосами и смешанного профиля.

С вертикальными стенками без крепления траншеи устраивают в грунтах естественной влажности с ненарушенной структурой при отсутствии грунтовых вод и небольшой глубине (от 1 до 2 *м*). При этом во избежание осыпания или оползания грунта рекомендуется вслед за отрывкой укладывать трубы, устраивать фундаменты и т. п.

Траншеи с откосами разрабатывают в тех же случаях, что и котлованы с откосами. Крутизну откосов устанавливают в зависимости от глубины и строительных свойств грунта по СНиП.

Траншеи смешанного профиля устраивают при значительной глубине и наличии грунтовых вод.

Технологический процесс устройства траншеи включает разработку грунта с выгрузкой на бровку или в транспортные средства, крепление вертикальных стенок, транспортирование грунта, планировку дна, обратную засыпку и уплотнение грунта.

Крепление вертикальных стен траншей выполняют стационарными и инвентарными крепями (см. рис. III.8,*в—е*).

К стационарным креплениям относятся горизонтальное с прозорами или сплошное, вертикальное сплошное и шпунтовое.

Горизонтальное крепление с прозорами (рис. III.8,*в*) допускается для траншей глубиной до 3 *м* в связных грунтах естественной влажности при отсутствии или незначительном притоке грунтовых вод. В траншеях глубиной от 3 до 5 *м* и тех же условиях устанавливают *сплошные крепления*.

Для грунтов сыпучих или повышенной влажности независимо от глубины траншей применяют *сплошное горизонтальное* или *вертикальное крепление* (рис. III. 8, *в*, *г*).

При сильном притоке грунтовых вод и опасности выноса частиц грунта устраивают *шпунтовые крепления* из досок, брусьев или металлических шпунтов (рис. III.8,*д*).

Инвентарные крепления бывают различных конструкций (например, конструкции ЦНИИОМТП, ВНИОМС, ВНИИГС), но все они состоят из сборно-раздвижных распорных рам и инвентарных щитов ограждения (рис. III.8,*е*). Применяют инвентарные крепления при разработке землеройными машинами траншей глубиной до 3 *м*. Конструкции креплений траншей глубиной свыше 3 *м* устанавливают по индивидуальным проектам.

Для разработки траншей используют землеройные машины.

Экскаватором с обратной лопатой или *драглайном* разрабатывают траншеи с вертикальными стенками или откосами. Рытье ведут торцовыми либо боковыми проходками. Грунт выгружают в транспортные средства или в отвалы, располагаемые с одной стороны или по обе стороны.

Односторонние отвалы устраивают при отрывке неглубоких траншей. Экскаватор в этом случае перемещается по оси траншеи (рис. III.12,*а*) либо со смещением в сторону отвала (рис. III. 12,*б*). Двусторонние отвалы нужны при разработке глубоких траншей, когда экскаватор перемещается по зигзагу (рис. III.12,*в*).

Траншеи под фундаменты неглубокого заложения роют *универсальными одноковшовыми экскаваторами* с ковшом емкостью 0,15—0,35 $м^3$. Грунт вывозят автосамосвалами.

Многоковшовыми экскаваторами (рис. III.12,*г*) отрывают траншеи (как правило, с вертикальными стенками) для трубопроводов значительной протяженности в легких грунтах. При этом получается более правильное очертание траншеи, чем при использовании других землеройных машин, недобор грунта невелик и требуется лишь незначительная зачистка дна. Применяют многоковшовые цепные экскаваторы и роторные продольного черпания. Ширина траншеи в зависимости от типа машины может быть от 0,4 до 1,8 *м*, а глубина до 3,5 *м*.

Эксплуатационную сменную производительность многоковшового экскаватора определяют по формуле

$$П_э = 60cqn_1K_1K_в \ м^3/смену, \quad (III.60)$$

где n_1 — количество разгружаемых ковшей в минуту, зависящее от скорости их движения и расстояния между ними.

Полумеханизированным способом траншеи приходится устраивать в стесненных городских условиях или когда строительные площадки насыщены большим количеством наземных и подземных сооружений и невозможно применить землеройные машины. В этом случае грунт рыхлят пневматическими или электрическими инструментами и поднимают его из траншей в раскрывающихся бадьях легким краном. Удобны для подъема и тельферы грузоподъемностью 1 *т*.

Одиночные выемки под фундаменты колонн или опор роют экскаваторами, оборудованными обратной лопатой, выгружая грунт в транспортные средства (рис. III.12,*д*). В легких грунтах используют экскаватор, оборудованный грейфером. Перемещается экскаватор по оси расположения фундаментов или с небольшим смещением.

Планировку дна траншей для прокладки труб и кабелей обычно не делают. Чтобы обеспечить проектный профиль дна, до начала рытья траншей планируют поверхность трассы трубопровода.

Обратную засыпку траншей выполняют после проверки правильности прокладки и испытания трубопроводов. Засыпку производят в два приема: сначала подбивают пазухи и присыпают трубопроводы на высоту 0,2 *м*, затем засыпают остальную часть.

Крепления удаляют по мере засыпки. Одновременно можно снимать не более трех досок по вертикали. В сыпучих грунтах крепления разбирают по одной доске, переставляя распорки. Если

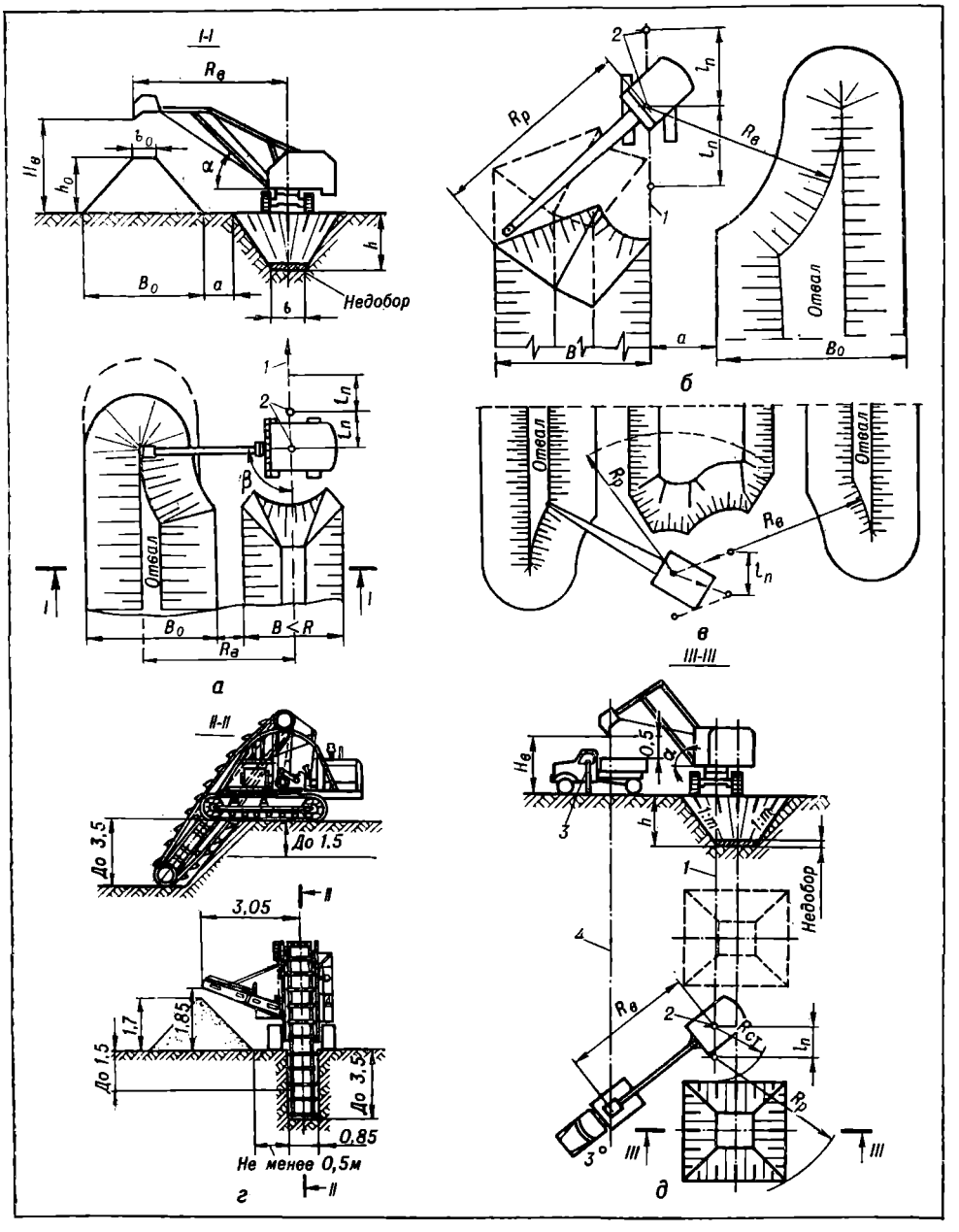


Рис. III.12. Разработка траншей экскаваторами:

а — оборудованным обратной лопатой или драглайном (грунт укладывается в отвал при торцовой проходке); *б* — то же, с укладкой грунта в отвал при боковой проходке; *в* — то же, при зигзагообразном перемещении экскаватора и выгрузке грунта в двухсторонние отвалы; *г* — многоковшовым цепным экскаватором; *д* — схема разработки одиночных выемок под фундаменты колонн или опор; *1* — ось проходки; *2* — стоянка экскаватора; *3* — веха; *4* — ось последующей проходки; α — угол наклона стрелы; β — средний угол поворота.

удаление креплений небезопасно (в плывунах, вблизи фундаментов существующих зданий и т. п.), их оставляют в грунте или разбирают частично.

Магистральные трубопроводы и фундаменты засыпают в соответствии с правилами СНиП. Грунт для обратной засыпки завозят самосвалами, подавая его непосредственно в траншеи, либо используют ближайшие отвалы, из которых грунт перемещают бульдозерами (рис. III.11) или различными траншеезасыпателями. Последние применяют и для засыпки траншей с креплениями. При работе траншеезасыпателя грунт трамбуют послойно электро- или пневмотрамбовками.

Уплотнение грунта вне населенных пунктов обычно не делают, а излишки его укладывают валиком по оси траншей. В городских условиях, на заводских площадках и в местах переездов обратную засыпку траншей производят с послойным уплотнением пневмо- или электротрамбовками. Плотность грунта контролируют по объемной массе его скелета отбором проб плотномерами СоюздорНИИ или приборами, в которых используются радиоактивные изотопы.

§ 3. УСТРОЙСТВО ПОДВОДНЫХ ТРАНШЕЙ

Подводные траншеи для прокладки трубопроводов (дюкеров) через водные преграды всегда разрабатывают с откосами. Ширина траншей и крутизна откосов зависят от скорости течения реки и способа производства работ. Для песчаных грунтов крутизну откосов принимают от 1 : 1,5 до 1 : 3, для супесков и суглинков 1 : 1 — 1 : 2 и для глин от 1 0,5 до 1 : 1.

На период строительства переходов через малые реки водный поток отводят во временное русло, а участок перехода ограждают земляными перемычками или шпунтовыми рядами.

Для разработки подводных траншей используют в зависимости от местных условий экскаваторы, оборудованные драглайном, канатно-скреперные установки, земснаряды и гидромониторные установки. В отдельных случаях применяют взрывной способ.

До начала работ в подводной зоне водолазы обследуют дно водоема на полосе, равной ширине траншей по верху плюс 5 *м* с каждой стороны (рис. III. 13, *а*).

Драглайнами обычно разрабатывают береговые участки.

Канатно-скреперные установки (рис. III.13, *б*) применяют для разработки подводных траншей на несудоходных реках шириной до 200—250 *м*. Установка состоит из эстакады с бункером *7*, лебедки *5*, ковша *10* емкостью от 0,75 до 2,5 $м^3$, движущегося по рабочему тросу *8*. Грунт из ковша разгружают в бункер и затем вывозят самосвалами. При наличии на установке двух ковшей эстакады устраивают на обоих берегах. В зависимости от емкости ковшей ширина траншеи по дну может быть от 1,5 до 2,5 *м*.

Земснаряды используют одно- и многочерпаковые.

Одночерпаковые земснаряды пригодны для разработки наиболее тяжелых грунтов. Емкость ковша таких снарядов — до 5 $м^3$; глубина извлечения грунта — до 25 *м*; производительность — от 100 до 135 $м^3/ч$.

Многочерпаковые земснаряды извлекают грунт с глубины до 10 *м*, их производительность — от 50 до 500 $м^3/ч$, а *морские* — с глубины до 20 *м* (производительность — до 1200 $м^3/ч$).

Земснаряды перемещают двумя способами — траншейным и папильонажным. *При траншейном способе* земснаряд передвигают по прямой вдоль траншеи, а *при папильонажном* — поперек траншеи, постепенно перемещаясь вперед по становому тросу (рис. III.13, *в*).

При скорости течения воды более 1,5 *м/сек* траншеи разрабатывают по частям — так называемым картам (рис. III.13, *г*). Это связано с трудностью установки земснарядов против течения.

Гидромониторные установки используют, когда глубина траншей не превышает 0,75 *м*, а также как вспомогательное средство при рытье траншей другими способами. Производительность установок достигает 190 $м^3/ч$.

Для обратной засыпки можно использовать энергию течения реки. Но более эффективны способы намыва грунта гидромониторами либо засыпка траншей

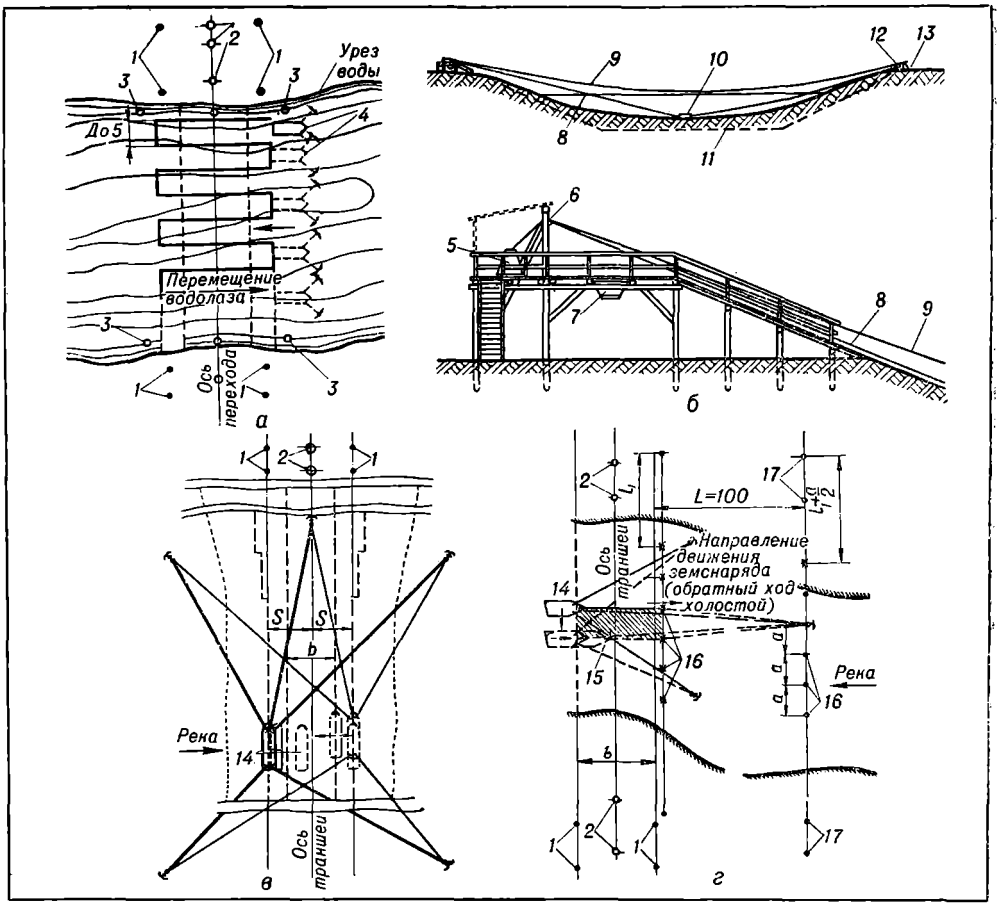


Рис. III.13. Схемы устройства подводных траншей:

а — план трассы перехода и схема движения водолазов; *б* — канатно-скреперная установка; *в* — разработка траншеи способом папильонажа; *г* — разработка траншеи картами; *1* — рабочие реперы; *2* — створные знаки; *3* — буи; *4* — водолазный бот; *5* — лебедка; *6* — головной блок; *7* — бункер эстакады; *8* — рабочий трос; *9* — холостой трос; *10* — скреперный ковш; *11* — дно будущей траншеи; *12* — блок хвостовой опоры; *13* — якорь; *14* — земснаряд; *15* — карта; *16* — буи, указывающие места укладки якорей; *17* — временные створные знаки.

грунтом, доставляемым баржами. В этих случаях в работе участвуют водолазы. При отведении водного потока во временное русло обратную засыпку выполняют как в обычных сухих траншеях.

§ 4. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Земляное полотно служит основанием для верхнего строения автомобильных и рельсовых дорог и связано с устройством насыпей и выемок достаточной прочности и устойчивости. Это обеспечивается главным образом правильно выбранной по СНиП крутизной откосов, зависящей от высоты насыпи или глубины выемки, вида грунтов, расположения уровня грунтовых вод и способа укладки грунта.

Для насыпей высотой до 6 *м*, возводимых из несвязных грунтов, максимальную крутизну откосов устанавливают 1 : 1,5 *м*. При большей высоте насыпи откосы делают ломаного профиля положистее к низу (рис. III.14,*а*).

Если насыпь возводят б е з у п л о т н е н и я, учитывают последующую осадку, которая зависит от вида

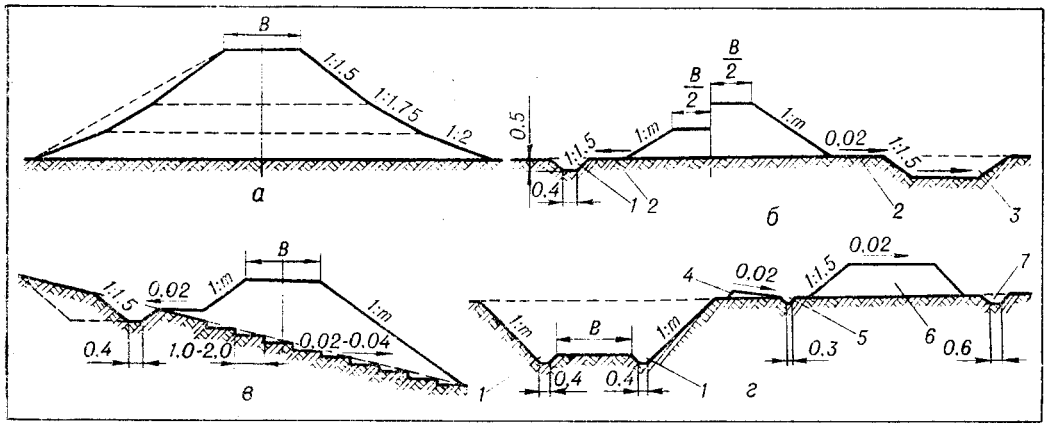


Рис. III.14. Поперечные профили земляного полотна:

а — насыпь ломаного профиля; *б* — насыпи: без резерва (слева) и с резервом (справа); *в* — насыпь на косогоре с уступами в основании; *г* — выемка с кавальером; *1* — кюветы; *2* — берма; *3* — резерв; *4* — банкет; *5* — забанкетная канава; *6* — кавальер; *7* — нагорная канава.

грунта, высоты и способа отсыпки и колеблется в пределах 1,5—10% высоты насыпи. В случае послойного уплотнения возводимой насыпи до плотности, обеспечивающей отсутствие осадок, запас общей высоты насыпи не нужен.

При спокойном рельефе местности земляное полотно отсыпают грунтами, вынутыми из кюветов. Если этого грунта не хватает, устраивают уширенные кюветы — *резервы* (рис. III. 14,*б*). Глубину резервов определяют в зависимости от потребности в грунте.

В пересеченной местности грунт для устройства насыпей перемещают из выемок чаще всего в продольном направлении.

На косогорах, крутизна которых 1 : 5 и более, под будущей насыпью предварительно отрывают ступени-уступы шириной не менее 1 *м* с уклоном для отвода воды (рис. III. 14,*в*). Для поддержания откосов насыпей и выемок в слабых грунтах сооружают подпорные стенки.

При устройстве насыпей из неоднородных грунтов грунт укладывают слоями. Поверхность слоев хорошо дренирующих грунтов делают горизонтальной, а слоев из грунта, дренирующие свойства которых хуже, — с уклоном от оси насыпи к ее краям не менее 4%.

В насыпь можно укладывать песок, суглинок и гравий. Каменные и песчаные грунты отсыпают под откос наклонными слоями на всю ширину и высоту насыпи.

Для выемок крутизну откосов принимают в обычных грунтах 1 : 1,25 ÷ 1,5. В глубоких выемках, прорезающих неоднородные по физическим свойствам грунты, откосам придают ломаный профиль, а разрабатываемый при этом грунт укладывают в ближайшую насыпь. Излишки грунта отсыпают в *кавальеры*, устраиваемые на расстоянии не менее 3—5 *м* от бровки выемки (рис. III.14, *г*).

Технологический процесс возведения земляного полотна дорог состоит из подготовительных и основных работ. К *подготовительным* относят разбивку земляного полотна, очистку дорожной полосы от кустарников, леса, пней, крупных камней и т. п., к *основным* — разработку и перемещение грунта в продольном или поперечном направлении, разравнивание и уплотнение грунта, окончательную отделку насыпи или откосов выемки в соответствии с проектом.

Способы производства работ зависят от их объемов, заданных сроков выполнения, свойств грунтов и дальности перемещения, высоты насыпей и глубины выемок, рельефа местности, гидрогеологических и климатических условий.

Весь процесс устройства земляного полотна выполняют единым потоком при помощи взаимоувязанных комплектов машин либо отдельными потоками по участкам с помощью нескольких ком-

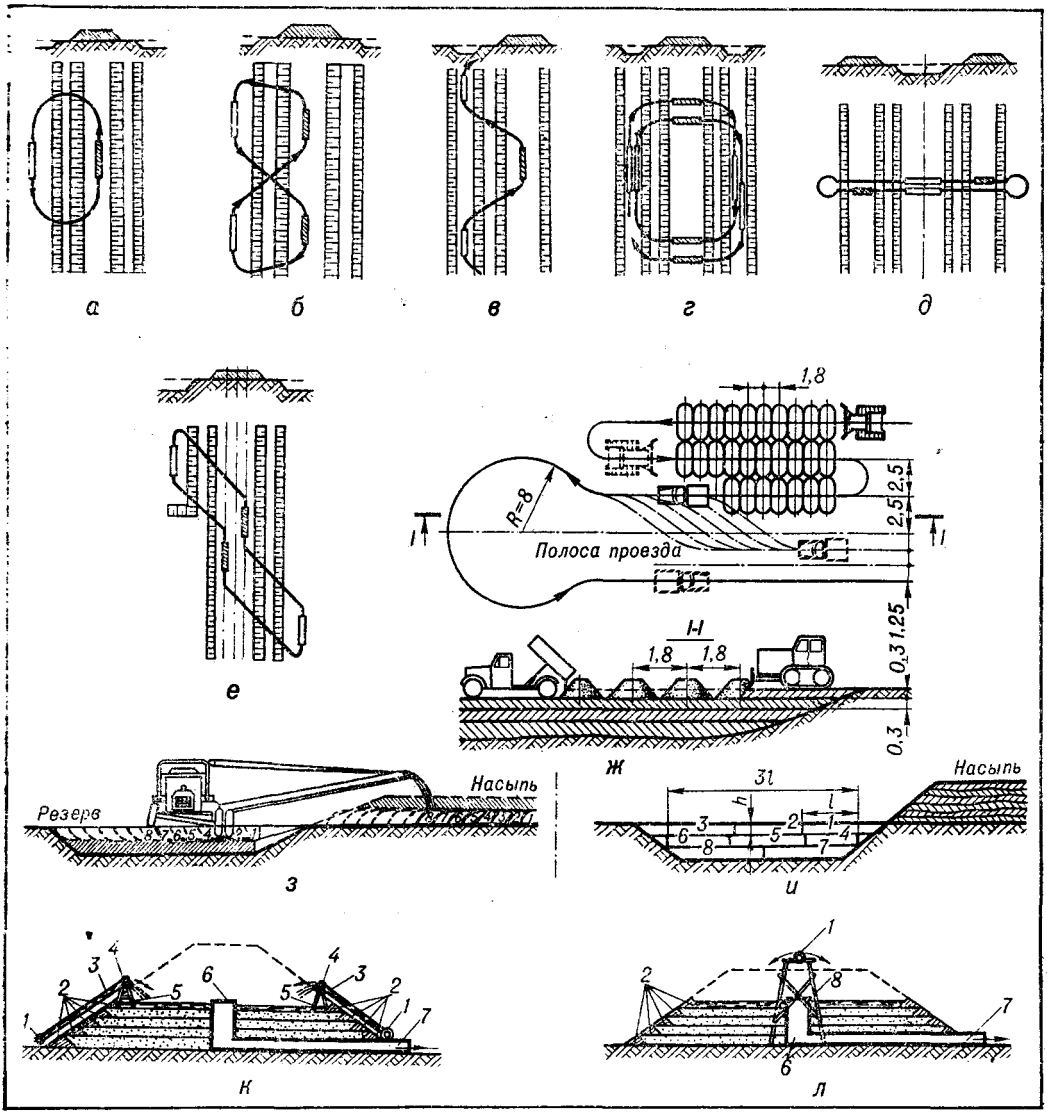


Рис. III.15. Схемы возведения земляного полотна:

а — скреперами по эллипсу; *б* — то же, по восьмерке; *в* — то же, по зигзагу; *г* — то же, по спирали; *д* — то же, поперечно-челночным способом; *е* — то же, продольно-челночным способом; *ж* — бульдозером с доставкой грунта автосамосвалами; *з* — грейдером-элеватором; *и* — грейдером (бульдозером) из резерва; *к* — гидромеханизацией безэстакадным способом; *л* — то же, эстакадным способом; *1* — трубопроводы (пульповоды); *2* — дамбы обвалования; *3* — выпускные патрубки; *4* — горизонтальные дырчатые трубы; *5* — переносные ко́злы; *6* — дренажный колодец; *7* — труба для выпуска воды; *8* — инвентарная эстакада. (На схемах *з* и *и* цифрами *1—8* показана последовательность разработки и отсыпки грунта в насыпь).

плектов машин, работающих последовательно или параллельно. В составе каждого комплекта назначают ведущую машину, по параметрам и производительности которой увязывают работу всех остальных входящих в комплект машин. Наиболее часто ведущими машинами являются скреперы, бульдозеры и экскаваторы. При определенных условиях в качестве ведущих применяют также грейдеры, автогрейдеры, грейдеры-элеваторы, а также средства гидромеханизации.

Скреперы используют для возведения земляного полотна дороги при перемещении грунта более чем на 100 *м*. В зависимости от местных условий, расположения мест разработки и выгрузки

грунта работы производят по следующим схемам:

по эллипсу (рис. III.15,*а*) — для возведения насыпей высотой до 1—1,5 *м* при фронте работ 50—100 *м*;

по восьмерке (рис. III.15,*б*) — для устройства насыпей высотой 4—6 *м*. Фронт работ по сравнению со схемой по эллипсу требуется больший; сокращается число поворотов скрепера на 180°, и, кроме того, в течение одного цикла движения скрепер дважды загружается и дважды разгружается, что способствует повышению его производительности;

по зигзагу (рис. III.15,*в*) — при возведении насыпей высотой 2,5—6 *м* из грунтов односторонних резервов большой протяженности;

по спирали (рис. III.15,*г*) — для устройства насыпей высотой 2—2,5 *м* из двусторонних резервов и укладки грунта в кавальеры при условии, что ширина насыпи равна длине пути разгрузки скрепера или превышает ее, а ширина резерва недостаточна для наполнения ковша;

по поперечно-челночной схеме движения (рис. III.15,*д*) — для разработки выемок на глубину 1—2,5 *м* с перемещением грунта в двусторонние отвалы. Грунт набирают перпендикулярно к оси выемки во время движения скрепера как в одну, так и в другую сторону;

по продольно-челночной схеме (рис. III, 15,*е*) — для возведения насыпей высотой до 4 *м* из двусторонних резервов. За один проход скрепер делает две отсыпки, что сокращает длину его порожнего хода и число поворотов.

Во всех случаях при выборе схемы движения скрепера стремятся, чтобы путь транспортирования был наименьшим и без крутых поворотов, длина забоя и фронта разгрузки обеспечивала полную загрузку и разгрузку ковша, уклоны съездов и въездов были минимальными.

При продольном перемещении грунта на расстояние более 300—500 *м* целесообразно применять только самоходные скреперы, среднюю скорость движения которых определяют по формуле

$$V_{ср} = \frac{1}{\sum_{1}^{n} \frac{K_i}{v_i}} \text{ км/ч}, \qquad \text{(III.61)}$$

где n — число участков; $K_i = \frac{l_i}{L}$ — коэффициент, показывающий отношение доли длины l_i участка к общей протяженности пути L; v_i — скорость движения скрепера на участке длиной l_i с учетом местных условий (подъемы, спуски, повороты).

Выемки на трассе земляного полотна, как и резервы, начинают разрабатывать от внешних бровок к середине, оставляя уступы, в соответствии с требуемой крутизной откосов.

Бульдозеры применяют для разработки выемок (глубиной до 2 *м*) с укладкой грунта в односторонние и двусторонние отвалы, возведения насыпей (высотой до 1,5 *м*) из резервов, перемещения ранее разработанного грунта и планировки откосов (рис. III.15, *ж*, *и*).

Выемки бульдозерами разрабатывают по ярусно-траншейной схеме, устраивая параллельные продольные полосы-траншеи с разделительными стенками между ними. Стенки срезают после проходки траншей. Ширину траншей принимают равной длине отвала бульдозера, а стенок — до 1 *м*. Это делают для уменьшения потерь грунта с отвала при его перемещении. Для увеличения объемов транспортируемого грунта и сведения его потерь до минимума отвальный нож бульдозера оборудуют боковыми щитками и козырьком.

Грунт из выемки в насыпь перемещают по траншее на расстояние до 20—25 *м* без образования промежуточных валов.

Устройство выемки на косогоре начинают со срезки в ее верхней части горизонтальной площадки шириной не менее 3 *м*. В дальнейшем грунт срезают слоями толщиной до 0,4 *м*.

Возведение насыпей бульдозерами при перемещении грунта из резервов ведут двумя смежными захватками: на одной отсыпают и разравнивают грунт, а на другой уплотняют его катками за несколько проходов.

Насыпь на косогоре начинают возводить с устройства первого снизу уступа под подошвой насыпи. Затем уступы нарезают по мере отсыпки на высоту предыдущего уступа.

Экскаваторы, оборудованные прямой лопатой, применяют для разработки выемок глубиною, не меньшей, чем нормальная высота забоя; оборудованные драглайном,— при устройстве выемок, грунт из которых надо укладывать в кавальеры, а также для отсыпки насыпей из боковых резервов. Нижние слои насыпей отсыпают из отдаленных участков резерва, верхние — из более близких. Резерв разрабатывают полосами сразу на полную глубину.

Грейдеры и автогрейдеры целесообразно использовать для возведения дорожных насыпей высотой до 0,75 *м* или нижнего слоя более высоких насыпей из резервов, для отрывки корыт, разравнивания песка и щебня и планировки откосов.

Комплект машин при сооружении насыпей состоит из двух автогрейдеров и одного пневмокатка с трактором. Одним автогрейдером нарезают грунт, другим — перемещают и разравнивают его. Работы ведут на двух смежных захватках: на одной — грунт разрабатывают, перемещают и укладывают в насыпь, а на другой — уплотняют. Длину захватки принимают 400—500 *м*.

Резервы начинают разрабатывать от внешней или внутренней бровки. В первом случае для облегчения подачи грунта в насыпь стружке придают очертание, близкое в поперечном сечении к треугольнику, а при резании от внутренней бровки — близкое к прямоугольнику, причем в этом, втором, случае до начала процесса резания рыхлят всю поверхность резерва без предварительного выравнивания.

Грейдерами-элеваторами возводят насыпи высотой 2—2,5 *м* из двусторонних резервов, преимущественно в равнинной местности (рис. III. 15,*з*). Фронт работ каждой машины устанавливают в пределах 1,2—3 *км*, длину захватки — не менее 400 *м*. Работы ведут на двух смежных захватках: на одной отсыпают слой грунта, на другой грунт разравнивают и уплотняют. Для лучшего резания сухие грунты увлажняют до оптимальной влажности, используя поливочные машины. Насыпь по всей ширине отсыпают слоями, толщина которых зависит от типа уплотняющих средств.

До начала основных работ на участке грейдером или автогрейдером удаляют верхний растительный слой и устраивают продольный забой с вертикальной стенкой высотой 0,4—0,5 *м*.

Расстояние забоя от оси насыпи

$$L = \frac{B}{2} + mh + \frac{l}{2}\sin\alpha \ м, \qquad \text{(III.62)}$$

где B — ширина земляного полотна, *м*; m — коэффициент заложения откоса насыпи; h — высота насыпи, *м*; l — длина ножа грейдера, *м*; α — угол захвата ножа грейдера, *град*.

Первичный забой делают на 25—35 *см* шире последующих. Вынутый из них грунт перемещают (рис. III. 15, *э*) в соответствующие — второй, третий, четвертый и т. д.— валики насыпи. После уплотнения первого слоя насыпи в описанной последовательности разрабатывают второй слой резерва.

Производительность грейдера-элеватора определяют по формуле

$$П_э = \frac{60cFLK_в}{T_ц} \ м^3, \qquad \text{(III.63)}$$

где c — число часов работы в течение смены; F — полезная площадь сечения борозды, $м^2$; L — длина разрабатываемой захватки, *м*; $K_в$ — коэффициент использования машины по времени, равный 0,8; $T_ц$ — продолжительность цикла на захватке, *мин*.

Средства гидромеханизации для устройства земляного полотна применяют там, где имеется естественный водоем, источник электроэнергии и грунты, пригодные для размыва Намывать насыпи можно безэстакадным и эстакадным способами.

При безэстакадном способе намыва (рис. III.15,*к*) по мере возведения насыпи постепенно наращивают наклонные патрубки (через 20—30 *м*). Патрубки прикрепляют к уложенному у подошвы насыпи распределительному пульповоду, который поддерживают переставными инвентарными козлами. На концах патрубков укрепляют горизонтальные дырчатые выпускные трубы.

Эстакадный способ намыва связан с использованием специальной инвентарной металлической или деревянной эстакады, устанавливаемой как по оси, так и по периметру насыпи. На эстакаде располагают пульповод (рис. III.15,*а*). Этот способ менее экономичен и применяют его главным образом для устройства широких насыпей.

При производстве работ площадь намываемой насыпи разбивают на участки — *карты*, длина которых в три — семь раз превышает ширину насыпи у основания. Бульдозерами или экскаваторами карты намыва ограждают по периметру искусственными валиками (первоначально из местного, а затем из намытого грунта). Намыв производят послойно. Для обеспечения непрерывности работ одновременно делают обвалование не менее двух карт, на которых чередуют намыв и подготовку к нему. Посредине каждой карты заранее располагают один или два водоотводных колодца с дренажными трубами.

Участок выемки, подлежащий разработке землесосным снарядом, разбивают на отдельные прорези, ширина которых определяется рабочей характеристикой снаряда.

Разравнивание, уплотнение и окончательную планировку земляного полотна выполняют комплектами машин и механизмов, увязанных по производительности с ведущей машиной. Окончательно зачищают земляное полотно обычно бульдозерами, грейдерами, автогрейдерами и универсальными бульдозерами с навесным откосным оборудованием. При больших объемах зачистки используют драглайн, работающий методом поперечного черпания. Применение тех или иных машин в каждом конкретном случае обусловливается проектом производства работ.

§ 5. КРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ И БЕРЕГОВ

При строительстве земляного полотна, каналов, водопроводно-канализационных и других сооружений откосы земляных сооружений и берегов надо укреплять. Для этого грунт засевают травами, пропитывают органическими вяжущими, устраивают защитные одежды из дерна, хвороста, камня, железобетонных плит и укрепляют специальными защитными сооружениями.

Обработка грунта жидким битумом способствует увеличению сопротивления его размыву. Битум разбрызгивают шлангом из расчета 0,9—1 *л* на 1 *м*^{2} поверхности, что обеспечивает пропитку на глубину 7—10 *см*.

Засев травами, дающими плотный дерн (тимофеевкой, клевером, люцерной, пыреем), производят после плакировки — засыпки слоем растительного грунта толщиной 10—20 *см*.

Для защитной одежды используют плотный луговой дерн с густой и низкой травой.

Слой дерна толщиной 6—10 *см* срезают с грунта плитками размером 20 × × 25 или полосами шириной 20—25 *см*. Каждую дернину крепят деревянными спицами, забиваемыми по углам не ближе 6 *см* от краев.

Одерновку можно делать трех видов. *Сплошную одерновку* на откосах не круче 1 1 (рис. III.16,*а*) ведут от подошвы вверх продольными рядами с перевязкой швов. *Одерновку в клетку* выполняют при недостатке дерна. Размеры клеток принимают 1 × 1 или 1,5 × 1,5 *м*. Середину их засевают травами. *Многослойную выстилку дерном плашмя в плетневых клетках* (рис. III.16,*б*) устраивают, если откосы насыпи будут подвергаться затоплению или действию текучей воды. Плетни, из которых выкладывают клетки со сторонами 1—1,2 *м*, устанавливают на 5 *см* выше поверхности одерновки под углом 45° к подошве откоса.

Хворостяное покрывало можно применять там, где скорость текучей воды не превышает 1,5 *м/сек*.

Фашины из хвороста укладывают плашмя и в стенку.

Плашмя фашины укладывают по скату откоса и через каждый метр укрепляют кольями. Промежутки заполняют камнем и сверху прошивают продольными хворостяными канатами, которые крепят кольями.

Фашинными тюфяками (рис. III.16,*в*) крепят подводную часть откосов или берегов. Фашинные тюфяки бывают толщиной 0,4—0,6 *м*. Их ширина — до 15, длина — до 50 *м*. Изготовляют тюфя-

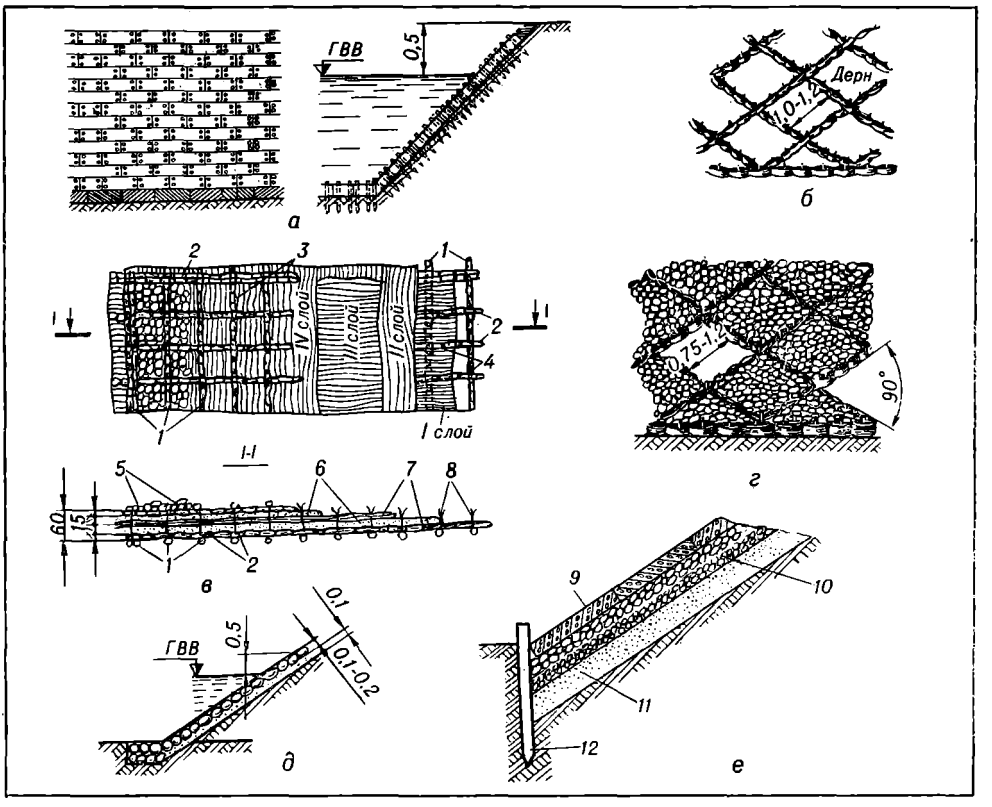


Рис. III.16. Способы крепления откосов и берегов земляных сооружений:

а — сплошной одерновкой; *б* — одерновкой в плетневых клетках; *в* — хворостяными тюфяками; *г* — каменной наброской в плетневых клетках; *д* — одиночной каменной мостовой; *е* — железобетонными плитами; *1* — фашинные канаты продольные; *2* — то же, поперечные; *3* — верхняя сетка; *4* — нижняя сетка; *5* — каменная наброска; *6* — слои хвороста поперечные; *7* — то же, продольные; *8* — смоляные веревки; *9* — железобетонные плиты; *10* — гравий или щебень (20—25 *см*); *11* — песок (10—15 *см*); *12* — шпунтовый ряд.

ки на береговых плавучих стапелях, откуда спускают на катках в воду; на месте укладки их загружают камнем. Зимой тюфяки вяжут на льду на брусьях и сталкивают в прорубленные во льду майны (проруби).

Камень используют для крепления подводных откосов и участков дна, разрушаемых быстрым течением воды (при скоростях 1—4 *м/сек*), особенно в паводки.

Одиночное мощение (рис. III.16,*д*) производят на слое мха или соломы толщиной 5 *см*, а также на слое щебня или гравия толщиной 10—15 *см*. Камень применяют колотый или булыжный высотой не менее 10 *см*.

Двойное мощение делают на таком же основании.

Более прочным креплением является *мощение* или *каменная наброска в плетневых клетках* размером от 1 × 1 до 1,2 × 1,2 *м* (рис. III.16,*г*).

Глубина клеток для одиночного мощения 0,2—0,3 *м*, а для двойного 0,3—0,5 *м*. При всех конструкциях крепления из камня у подошвы откосов сначала делают упоры.

Железобетонные или бетонные сборные плиты (рис. III.16,*е*) применяют как крепление в тяжелых ледовых и гидрогеологических условиях. Этот вид креплений намного дороже, чем все описанные.

ВОДООТЛИВ, ВОДОПОНИЖЕНИЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОГРАЖДЕНИЕ ВЫЕМОК ОТ ГРУНТОВЫХ ВОД

§ 1. ВОДООТЛИВ И ВОДОПОНИЖЕНИЕ

В водоносных грунтах разработке выемок предшествует устройство открытого водоотлива или искусственное понижение уровня грунтовых вод.

Открытый водоотлив осуществляют в устойчивых, хорошо дренирующих грунтах при незначительном притоке воды, откачивая ее диафрагмовыми, поршневыми или центробежными насосами. Для сбора воды дну котлована или траншеи придают небольшой продольный уклон в сторону водосборных приямков, устраиваемых в пределах выемки или вне ее. Стенки приямков крепят шпунтом или деревянными ящиками без дна размером 1 × 1 *м*, а на дно приямков насыпают фильтрующий материал (гравий или щебень).

Основным недостатком этого метода осушения является возможное разжижение грунта и унос его частиц фильтрующейся водой.

Поэтому во многих случаях приходится прибегать к искусственному **понижению уровня грунтовых вод**. Для этой цели применяют легкие иглофильтровые установки, позволяющие при одноярусном расположении понизить уровень грунтовых вод на 4—5 *м*, а при двухъярусном — на 7—9 *м*; эжекторные игло-

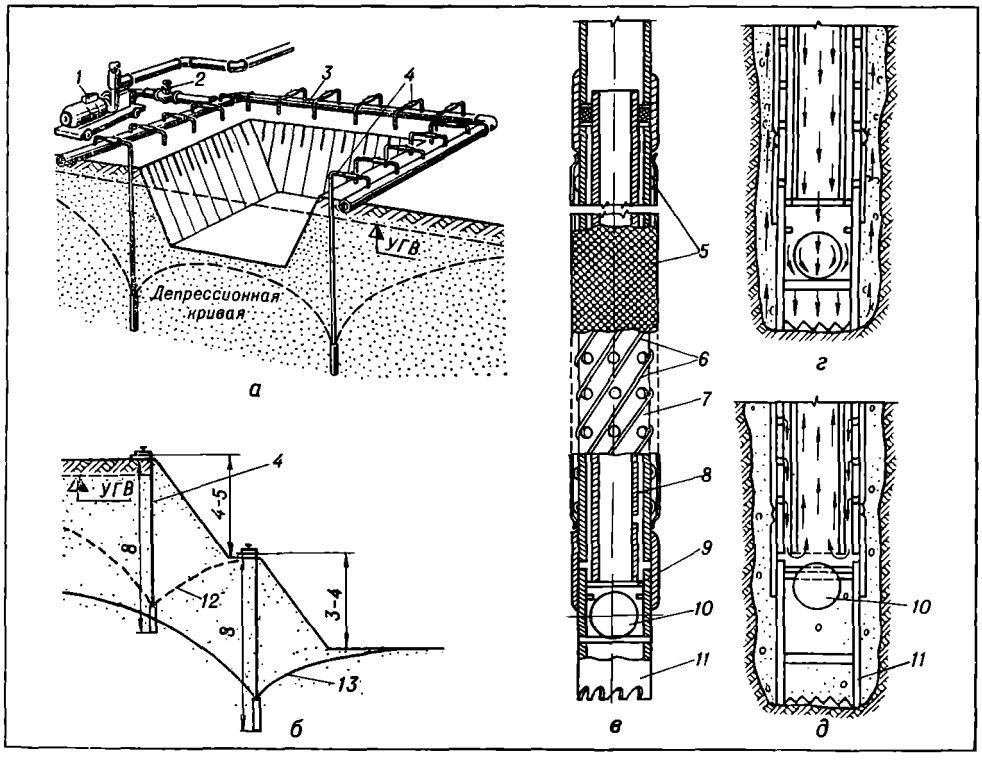


Рис. III.17. Схемы легких иглофильтровых установок:

а — котлован с иглофильтрами, установленными в один ярус; *б* — установка иглофильтров в два яруса; *в* — фильтровое звено; *г* — схема работы клапанов при погружении иглофильтра гидравлическим способом; *д*—то же, при откачке воды; *1* — центробежный насос; *2* — задвижка; *3* — коллектор; *4* — иглофильтры; *5* — двойная фильтровая сетка; *6* — стальная спиральная обмотка; *7* — наружная труба с отверстиями; *8* — внутренняя труба; *9* — кольцевой клапан; *10* — шаровой клапан; *11*—наконечник; *12* — кривая депрессии при откачке из первого яруса; *13* — то же, при откачке из второго яруса.

фильтры, обеспечивающие понижение зеркала грунтовых вод на 15—20 *м*, и трубчатые колодцы с глубинными насосами, способными откачивать воду с еще больших глубин.

Легкие иглофильтровые установки — ЛИУ (рис. III. 17,*а*) состоят из комплекта иглофильтров, водосборного коллектора и центробежного насоса. Иглофильтр представляет собой трубу диаметром 38—50 *мм*, длиной до 7 *м*, к нижнему концу которой присоединено фильтровое звено (рис. III. 17, *в*), состоящее из двух труб: внутренней цельной и наружной с отверстиями. Наружная труба покрыта фильтровой и защитной сетками и заканчивается наконечником, внутри которого размещены кольцевой и шаровой клапаны.

Иглофильтры погружают в грунт гидравлическим способом (рис. III.17, *г*). Вода, нагнетаемая по внутренней трубе под напором до 0,8 $Мн/м^2$ (8 *ати*), отталкивая шаровой клапан (кольцевой клапан в это же время закрывает доступ в пространство между наружной и внутренней трубами), поступает к наконечнику и, выйдя из него, размывает грунт вокруг иглофильтра, который погружается под действием собственного веса. В грунтах, слабо отдающих воду (с коэффициентом фильтрации менее 2 *м/сутки*), для улучшения притока воды вокруг иглофильтров в процессе их погружения подсыпают песчано-гравийную смесь.

При откачке воды (рис. III.17,*д*) под влиянием вакуума шаровой клапан поднимается, а кольцевой опускается, открывая путь грунтовой воде, которая поступает во внутреннюю трубу через отверстия наружной трубы фильтра.

Иглофильтры устанавливают по периметру осушаемого котлована (рис. III. 17,*а*) на расстоянии 0,5 *м* от бровки откоса. Если нужно понизить уровень грунтовых вод более чем на 4—5 *м*, иглофильтры располагают ярусами (рис. III. 17,*б*). Каждый последующий ярус монтируют под защитой предыдущего.

Узкие траншеи глубиной до 4,5 *м* осушают одним рядом иглофильтров, более широкие — двумя рядами, устанавливаемыми по обеим сторонам траншеи. При поточном ведении работ применяют два комплекта иглофильтров. На одном участке работы ведут под защитой установленных иглофильтров, в это же время переставляют с законченного участка на следующий второй комплект иглофильтров.

Производительность иглофильтровых установок ЛИУ-2, ЛИУ-3, ЛИУ-5 и ПВУ-2 соответственно 30, 60, 120 и 400 $м^3/ч$ воды. Для обеспечения бесперебойной работы установки в комплект, состоящий из 60 иглофильтров, входит два насоса, один из которых — резервный.

Легкие иглофильтровые установки применяют преимущественно в песчаных грунтах, коэффициент фильтрации которых — от 2 до 5 *м/сутки*.

Установки с вакуумным водопонижением (УВВ) целесообразнее применять при коэффициенте фильтрации в тех же грунтах от 2—3 до 0,01 *м/сутки*. Сущность вакуумного водопонижения заключается в том, что в отличие от водопонижения легкой иглофильтровой установкой, центробежный насос которой создает в грунте положительное избыточное давление (рис. III. 18,*а*), в фильтровом звене вакуумного иглофильтра и в окружающем грунте создается и непрерывно поддерживается отрицательное избыточное давление, т. е. вакуум (рис. III.18,*б*), способствующий более интенсивному снижению зеркала грунтовых вод.

Водовоздушная смесь поступает в иглофильтр и откачивается вакуум-насосом. Ввиду того, что воздуха в грунте недостаточно, для нормальной работы насоса через трубку, проходящую внутри иглофильтра, к наконечнику дополнительно подается атмосферный воздух.

Если иглофильтрами надо понизить уровень вод в глинистых грунтах с коэффициентом фильтрации меньше 2 *м/сутки*, применяют способ, основанный на явлении *электроосмоса*, т. е. перемещения воды во влажном грунте под влиянием пропускаемого через него тока, источником которого служит мотор-генератор. Иглофильтры (рис. III. 18, *в*) подключают к его отрицательному полюсу, и они становятся катодами. В качестве анодов используют стержни из арматурной стали или трубы диамет-

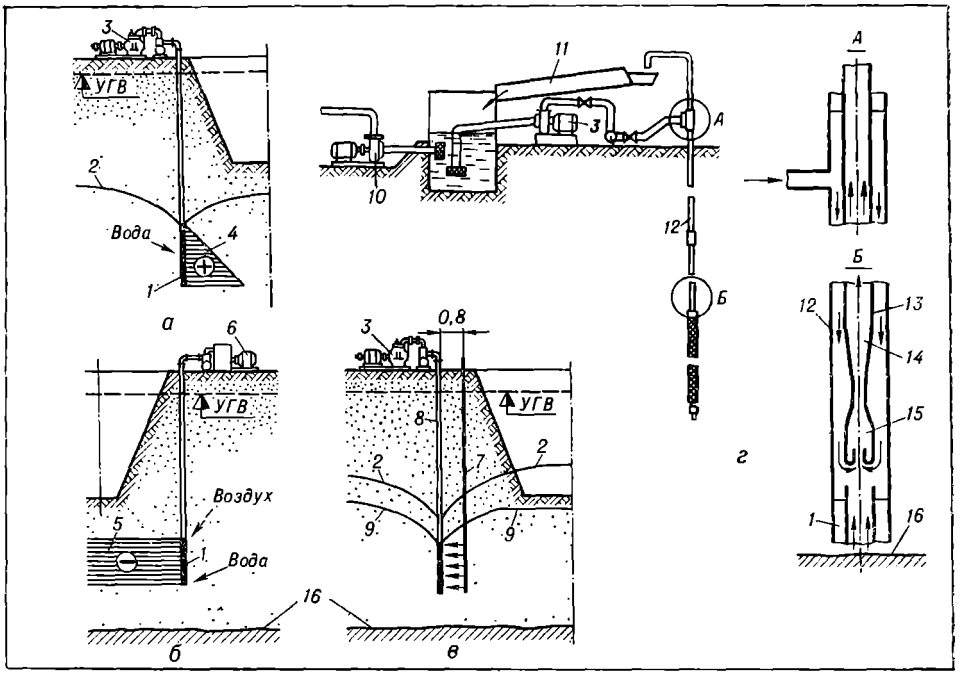


Рис. III.18. Схемы иглофильтровых установок с вакуумным водопонижением, электроосушением грунта и эжекторным водоподъемом:

а — водопонижение легкими иглофильтровыми установками; *б* — вакуумное водопонижение; *в* — иглофильтровая установка с электроосушением; *г* — водопонижение с помощью эжекторных иглофильтров; *1* — фильтровое звено; *2* — зеркало грунтовых вод после понижения иглофильтрами; *3* — центробежный насос; *4* — эпюры давления при понижении легкими иглофильтрами; *5* — то же, при вакуумном водопонижении; *6* — вакуум-насос; *7* — стальная труба (анод); *8* — иглофильтр (катод); *9* — зеркало грунтовых вод после электроосушения; *10* — низконапорный насос; *11* — водоотводный лоток; *12* — надфильтровая труба; *13* — внутренняя труба с эжекторным устройством; *14* — диффузор; *15* — насадка; *16* — водоупор.

ром 38 *мм*, которые забивают в грунт со стороны котлована на расстоянии 0,8 *м* от ряда иглофильтров и параллельно ему. Под действием постоянного электрического тока вода, содержащаяся в порах грунта, перемещается в сторону иглофильтров. Этим самым коэффициент фильтрации увеличивается в 5—25 раз.

Эжекторные иглофильтровые установки (ЭИУ) применяют для понижения уровня грунтовых вод одним ярусом на глубину до 20 *м* в грунтах с коэффициентом фильтрации более 2—3 *м/сутки* (рис. III.18,*г*).

Эжекторный иглофильтр состоит из колонны надфильтровых труб и колонны внутренних труб с эжекторным устройством, фильтрового звена с внутренней трубой и наконечника.

Эжекторный иглофильтр монтируют так: сначала собирают колонну наружных труб с фильтровым звеном и опускают ее в грунт на заданную глубину гидравлическим способом (как и легкие иглофильтры), затем в нее опускают колонну внутренних труб с эжекторной насадкой.

При работе установки в кольцевое пространство между наружной и внутренней колоннами труб иглофильтра под давлением 0,75—0,8 $Мн/м^2$ (7,5—8 *ати*) подают рабочую воду, которая направляется через отверстие,имеющееся в эжекторе, к насадке. У выхода из насадки, в результате резкого изменения скорости движения рабочей воды, создается разрежение и тем самым обеспечивается подсос грунтовой воды из внутренней трубы фильтрового звена. Грунтовая вода у входа в горловину насадки смешивается с рабочей водой и по внутренней трубе направляется в водосбор-

ный бак, из которого избыток ее откачивается низконапорным насосом, а остальная используется снова как рабочая вода для питания иглофильтров.

Трубчатые колодцы с глубинными насосами применяют для понижения грунтовых вод на глубину более 20 *м*. По периметру будущей выемки пробуривают скважины, в которые опускают трубчатые колодцы диаметром 200—400 *мм*, оборудованные фильтрами. В каждом колодце устанавливают *погружной насос*, опускаемый вместе с двигателем в скважину ниже уровня воды. Применяются также *артезианские насосы* с длинным валом и электродвигателем, расположенным над устьем колодца.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод позволяет производить разработку грунта обычными методами.

§ 2. ИСКУССТВЕННОЕ ОГРАЖДЕНИЕ ВЫЕМОК ОТ ГРУНТОВЫХ ВОД

При устройстве выемок в водоносных слоях работы можно вести под защитой водонепроницаемой ледяной стенки из замороженного грунта или при помощи тиксотропных противофильтрационных экранов.

Искусственное замораживание грунтов применяют при проходке шахтных стволов, тоннелей метрополитенов и других сооружений, возводимых в тяжелых гидрогеологических условиях, создавая вокруг них временные водонепроницаемые ледяные стенки (рис. III. 19, *а*). Для этого по периметру выемки бурят скважины диаметром 150—200 *мм* на расстоянии от 1 до 3 *м* одна от другой в один или два ряда в зависимости от требуемой толщины ледяной стенки. В пробуренные скважины погружают колонки, состоящие из наружных замораживающих и внутренних питающих труб.

Для замораживания грунтов используют холодильную установку, подающую по нагнетающим трубам в колонки охлажденный до минус 20÷45° С раствор хлорида кальция $CaCl_2$ или других солей, имеющих низкую температуру замерзания. В результате циркуляции раствора вокруг колонок образуются ледяные столбы замороженного грунта, которые, постепенно увеличиваясь в диаметре, соединяются между собой в сплошную стену. Раствор, поглотив часть тепла из грунта, возвращается в холодильную установку, где под действием аммиака или углекислоты охлаждается, и затем вновь поступает в систему труб. Температуру раствора принимают на 10—15° С ниже требуемой температуры грунта.

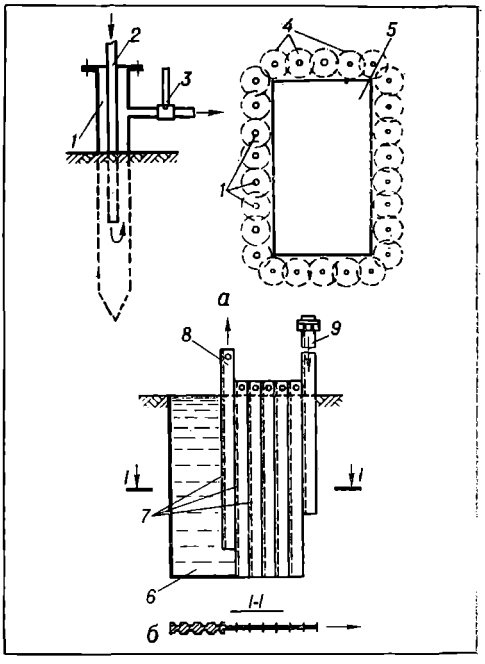


Рис. III.19. Искусственное ограждение выемок от грунтовых вод:

а — схема замораживания грунта; *б* — устройство тиксотропного гидроизоляционного экрана с применением шпунтин-инъекторов; *1* — наружная труба; *2* — внутренняя труба; *3* — термометр; *4* — столбы замороженного грунта; *5* — котлован; *6* — гидроизоляционный экран (суспензия); *7* — трубы для подачи суспензии, приваренные к шпунтинам; *8* — шпунтина, извлекаемая из грунта; *9* — то же, погружаемая.

Тиксотропные противофильтрационные экраны устраивают, используя тиксотропную суспензию, обладающую свойством в состоянии покоя затвердевать и снова превращаться в жидкость при перемешивании.

Суспензию приготовляют из бентонитовой глины, способной абсорбировать, т. е. поглощать воду в количестве, до 7 раз большем собственной массы, и после

водонасыщения загустевать, приобретая гидрофобные (водоотталкивающие) качества.

Для устройства экрана (рис. III. 19,*б*) вплотную друг к другу вдавливают или забивают ряд стальных шпунтин-инъекторов двутаврового сечения. Затем первую погруженную шпунтину извлекают гидравлическим экстрактором, а оставшуюся пустоту постепенно заполняют тиксотропной суспензией, которую нагнетают через трубу, приваренную к двутавру. Извлеченную шпунтину переставляют на новое место вплотную к установленному ряду и вновь погружают. Процесс повторяют до полного ограждения выемки водонепроницаемым экраном.

Поскольку гидростатический напор суспензии больше напора грунтовых вод, стенки образованной щели не обрушиваются.

Для создания диафрагм в качестве суспензии можно также использовать цементно-глиняный раствор состава 1 : 2, применяя обычную глину.

Глава 5

УСТРОЙСТВО ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Мерзлый грунт в силу своей повышенной механической прочности, которая возрастает с понижением температуры (особенно интенсивно в пределах от 0 до 16° С), усложняет производство земляных работ в зимних условиях и ограничивает возможности применения землеройно-транспортных и землеройных машин. В связи с этим в зимних условиях возрастают затраты труда, энергии и топлива, что намного удорожает работы.

Глубина и скорость промерзания зависят от значения и длительности воздействия отрицательных температур, свойств и влажности грунта, силы ветра. Например, наибольшая глубина промерзания для глинистых грунтов наблюдается при влажности 30—40%.

Глубину промерзания грунта определяют по средним данным наблюдений метеорологических станций за последние 15—20 лет в районе строительства или путем замеров в натуре.

Грунты, подлежащие разработке в зимнее время, целесообразно предохранить от промерзания. Если нельзя это сделать заблаговременно, мерзлый грунт оттаивают или разрыхляют, затем разрабатывают, транспортируют и укладывают, соблюдая правила, изложенные в СНиП.

§ 2. ПРЕДОХРАНЕНИЕ ГРУНТА ОТ ПРОМЕРЗАНИЯ

С целью уменьшения глубины промерзания грунта его утепляют теплоизоляционными материалами, снегозадержанием, покрывают пеной или рыхлят.

Утеплять грунт (стружками, листьями, шлаком и др.) целесообразно на небольших площадях и в местностях с умеренными морозами.

На больших территориях в снежных районах эффективнее проводить снегозадержание. Для этого на месте будущих работ перпендикулярно к направлению господствующих ветров расставляют изгороди из щитов или устраивают снеговые валы в несколько рядов на 10—15-кратном расстоянии их высоты.

Водовоздушное покрытие пеной из поверхностно-активных веществ (ПАВ) осуществляют при помощи пеногенераторных установок производительностью 60—180 $м^3/ч$. За смену покрывают до 3000 $м^2$ поверхности слоем толщиной 30—40 *см*. Такая защита снижает глубину промерзания до 10 раз, что позволяет затем разрабатывать грунт бульдозерами и экскаваторами без предварительного рыхления.

Вспашка, т. е. *рыхление тракторными плугами* с последующим боронованием до наступления морозов, рекомендуется для предохранения грунтов, подлежащих разработке в первой трети зимы. *Глубокое рыхление экскаваторами* (до 1,5 *м*) защищает грунт от промерзания на весь зимний период.

Для выбора способа предохранения грунта от промерзания надо заранее точно знать расположение будущей застройки, в противном случае на несколько

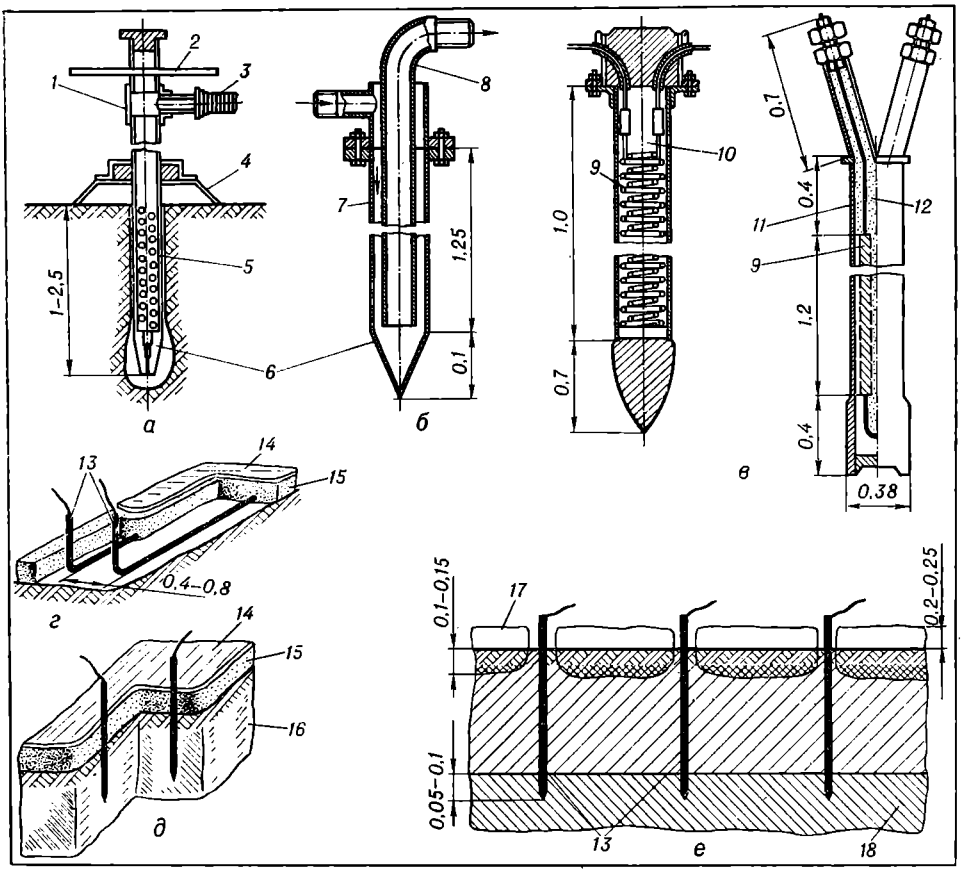


Рис. III.20. Оттаивание грунта паром, горячей водой и электрическим током:

а — паровая игла; *б* — водяная игла; *в* — электрические иглы; *г* — электроды, расположенные горизонтально; *д* — то же, вертикально при прогреве грунта сверху вниз; *е* — глубинные электроды для прогрева грунта по способу снизу вверх; *1* — тройник; *2* — рукоять; *3* — паровой шланг; *4* — колпак для предотвращения утечки пара; *5* — труба с отверстиями; *6* — наконечник; *7, 8* — наружная и внутренняя стальные трубы; *9* — электронагревательная нихромовая спираль; *10* — кварцевый песок; *11* — стальная труба; *12* — магнезия; *13* — электроды; *14* — верхний слой утепления; *15* — слой опилок; *16* — мерзлый грунт; *17* — снежный покров; *18* — незамерзший грунт.

месяцев в зоне строительства «омертвляются» значительные площади. Это является причиной, ограничивающей применение этого способа.

§ 3. ОТТАИВАНИЕ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Этот способ применяют при небольших объемах работ (обычно в стесненных условиях). Механическая прочность грунта при оттаивании снижается вследствие перехода его в пластично-мерзлое или талое состояние, что облегчает его разработку.

В зависимости от направления теплового потока различают поверхностное, радиальное и глубинное оттаивание (рис. III. 20, *а—е*).

Поверхностное оттаивание производят горячими газами (огневой способ), отражательными печами, электродами, химическим способом.

Огневой способ основан на сжигании твердого, жидкого или газообразного топлива под металлическими коробами, уложенными над отогреваемой поверхностью.

В отражательных печах отогрев грунта происходит под воздействием теплового потока, излучаемого

электрической спиралью, закрепленной в фокусе отражателя. Нагревателями могут служить горелки инфракрасного излучения.

Электроды (арматурная сталь диаметром до 20 *мм*) (рис. III. 20, *г*) укладывают горизонтально в слой опилок, смоченных раствором поваренной соли или хлорида кальция, и присоединяют к электрической сети. Опилки, являясь электролитом, нагреваются при прохождении тока и передают тепло верхнему слою грунта.

Химический способ основан на способности растворов хлоридов размораживать влагу, содержащуюся в порах грунтов. Участок с предварительно нарезанными щелями и пробуренными скважинами на глубину не свыше половины толщины мерзлого слоя заливают раствором при помощи поливочных машин. Расход соли составляет от 2 до 14 *кг* на 1 $м^2$ площади в зависимости от вида грунта и глубины его промерзания.

Агрессивное воздействие солей на строительные конструкции и повышенная электропроводимость пропитанных солями грунтов, усиливающая влияние блуждающих токов на подземные сооружения, ограничивают применение химического способа оттаивания.

Радиальное и глубинное оттаивание осуществляют паровыми (рис. III.20,*а*), циркуляционными водяными (рис. III. 20,*б*) и электрическими иглами (рис. III. 20,*в*), а также электродами (рис. III. 20,*г*,*д*,*е*). Иглы вводят в скважины, предварительно пробуренные в мерзлом грунте на глубину, не доходящую до талого горизонта на 10—20 *см*.

Паровые иглы располагают в шахматном порядке, соединяя их секциями, в которые пар (для уменьшения расхода тепла) поступает поочередно. Но этот способ приводит к увлажнению грунта, что снижает его несущую способность, и поэтому применяется редко.

Водяные циркуляционные иглы горячая вода доставляется по трубопроводам. Пройдя группу игл, теплоноситель-вода возвращается обратно в котельную установку для подогрева и т. д. Однако при этом способе расход тепла больший, чем для паропрогрева.

Электронагрев мерзлого грунта осуществляют электрическими иглами различных конструкций (рис. III. 20,*в*). Комплект игл (40—50 шт.) устанавливают на расстоянии 0,5—1,3 *м* одна от другой.

Простота изготовления этих игл и возможность изменения их температур в широком диапазоне (от 80 до 150° С) делают их удобными для применения.

При прогреве грунта используют также вертикально располагаемые *электроды* (рис. III.20,*д*). Их забивают отбойными молотками вначале на 20—25 *см*, а далее заглубляют по мере оттаивания грунта, которое происходит сверху вниз. Можно также забивать электроды в грунт на 5—10 *см* ниже глубины промерзания сквозь всю толщу мерзлого слоя. В этом случае грунт оттаивает снизу вверх (рис. III.20,*е*). Оттаивание не доводят до поверхности, оставляя тонкий слой мерзлого грунта для предотвращения потерь тепла.

Глубинные электроды могут быть выполнены в виде коаксиальных электронагревателей, представляющих собой два последовательно подключающихся цилиндрических проводника (металлические трубки диаметром 25,4 и 12,7 *мм*), один из которых помещен внутри другого. Зазор между трубами заполняют песком. Коаксиальные электронагреватели погружают в пробуренные шпуры на расстоянии 0,8—1,5 *м* один от другого.

Тот или иной способ оттаивания грунта применяют, исходя из технических возможностей и экономической целесообразности для конкретных условий.

§ 4. РЫХЛЕНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРЗЛОГО ГРУНТА

Мерзлый грунт разрыхляют взрывным или механическим способами (рис. III. 21,*а*—*г*).

Взрывной способ рыхления применяют при глубине промерзания свыше 0,8—1 *м*.

Наиболее распространен буровзрывной метод, подробно описанный в разд. IV. Разрабатываемую

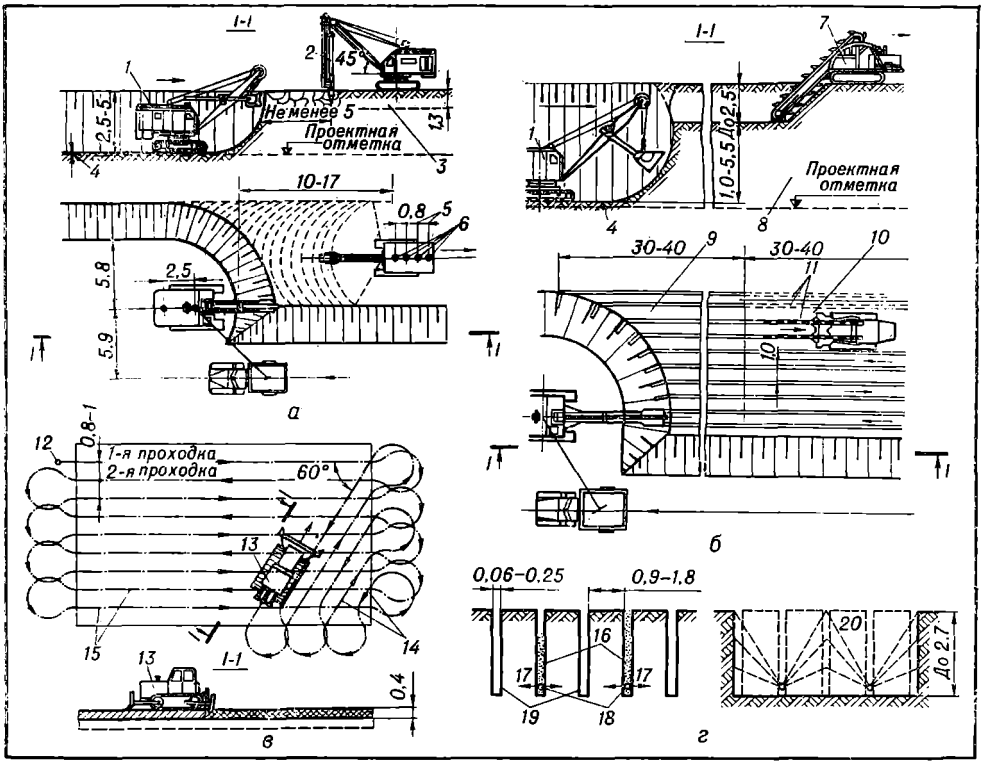


Рис. III.21. Схемы рыхления и разработки мерзлого грунта:

а — разработка экскаватором с предварительным рыхлением мерзлого слоя дизель-молотом; *б* — то же, с резкой на полосы многоковшовым экскаватором, оборудованным режущими цепями — «барами»; *в* — подготовка мерзлого грунта к разработке навесным рыхлителем; *г* — щелевзрывной метод рыхления; *1* — экскаватор Э-652Б; *2* — дизель-молот; *3* — мерзлый грунт; *4* — недобранный грунт; *5* — шаги передвижки; *6* — места стоянок; *7* — многоковшовый экскаватор; *8* — талый грунт; *9* — участок, подготовленный к экскавации; *10* — подготавливаемый участок (нарезка щелей); *11* — ненарезанные щели в мерзлом грунте; *12* — начало рыхления; *13* — навесной тракторный рыхлитель; *14* — диагональные проходки; *15* — продольные проходки; *16* — зарядные щели; *17* — направления сдвига грунта во время взрыва; *18* — заряды ВВ; *19* — незаряженные щели; *20* — разрушение межщелевого массива.

выемку делят на захватки: на первой разрыхленный грунт разрабатывают экскаватором; на второй, где грунт также разрыхлен, работы согласно условиям безопасности ведения работ не производят, на третьей ведут буровые и взрывные работы.

Щелевзрывной метод рыхления грунтов (рис. III.21,*г*) более перспективен. При этом методе не надо бурить шпуры. Щели нарезают баровыми или дискофрезерными машинами на глубину 0,9—0,95 толщины мерзлого слоя. Удлиненные заряды ВВ вместе с детонирующим шнуром располагают в основании зарядных щелей, которые затем с помощью бульдозера засыпают грунтом. Промежуточные и крайние щели остаются незаряженными и служат для компенсации, т. е. усиливают действие взрыва, снижая сейсмический эффект. При взрывании ВВ мерзлый грунт полностью дробится, не повреждая стенок котлована или траншеи.

Механическое рыхление на больших площадях эффективно производить навесными рыхлителями на базе гусеничных тракторов мощностью 150—500 *л. с.* (рис. III.21,*в*). Эти машины широко применяют из-за простоты конструкции рабочего оборудования и его высокой надежности в работе. Рыхление ведут послойно продольными ходами, а при повышенной прочности грунта — дополнительными диагональными ходами. Разрыхленный грунт перемещают

в кучи бульдозером, затем экскаватором грузят в транспортные средства.

На небольших площадках при глубине промерзания до 1 *м* применяют дизель-молот с клином, выпускаемый промышленностью в качестве сменного оборудования к экскаваторам (рис. III.21,*а*) и тракторам. В связи с тем, что клин имеет цилиндрическую форму с заостренным наконечником, чем обеспечивается центральный удар по грунту, в качестве направляющей рамы можно применять трубу.

Эффективной машиной, работающей по принципу крупного скола мерзлого грунта, является трехклинный рыхлитель. Рабочий орган массой 2—3,6 *т* представляет собой гребенку с клиньями, поднимаемую в рабочее положение лебедкой по направляющей раме, навешанной на трактор.

Используют также блочный метод разработки мерзлого грунта. Массив грунта разрезают на блоки баровыми и дискофрезерными машинами, устраивая щели шириной 50—13 *мм* по взаимно перпендикулярным направлениям. Блоки легко вынимают ковшом экскаватора или сдвигают бульдозером. При малой глубине промерзания (до 0,6 *м*) достаточно сделать только продольные прорези (рис. III.21,*б*), после чего грунт разрабатывают экскаватором.

Мерзлые грунты также можно разрабатывать непосредственно экскаватором, оборудованным прямой лопатой с пневмоударными зубьями, к которым воздух поступает от компрессорной установки. Включение каждого молота происходит автоматически при увеличении усилия грунта, действующего на зуб ковша.

При небольших объемах работ и неглубоком промерзании грунт разрыхляют отбойными молотками.

Без предварительного рыхления мерзлый грунт толщиной до 0,1 *м* можно разрабатывать бульдозерами и скреперами, до 0,25 *м* — экскаватором, оборудованным прямой лопатой с ковшом емкостью 0,65 $м^3$, до 0,4 *м* — экскаватором с ковшом емкостью 1 $м^3$ и более. В грунтах, промерзших не более чем на 0,4 *м*, траншеи отрывают без рыхления грунта роторными и цепными траншейными экскаваторами на базе гусеничных тягачей мощностью 415 *л. с.*

В зимних условиях земляные работы рекомендуется выполнять большими сосредоточенными объемами. Для предотвращения промерзания грунта его надо разрабатывать узким фронтом круглосуточно. Высоту забоя выбирают такую, чтобы содержание мерзлого грунта, перевозимого в насыпь, не превышало норм, предусмотренных СНиП. При этом процесс нужно организовывать так, чтобы вынутый из забоя грунт был доставлен к месту укладки, разгружен и уплотнен до его смерзания.

В качестве примера комплексной механизации земляных работ в зимних условиях на рис. III.21,*а* приведена схема разработки котлована глубиной до 5 *м* экскаватором Э-652Б, оборудованным прямой лопатой, с предварительным разрыхлением мерзлого слоя толщиной до 1,3 *м* дизель-молотом С-222 и вывозкой грунта автосамосвалами. На рис. III.21,*б* показан вариант разработки котлована, в котором мерзлый слой грунта разрезан на полосы многоковшовым экскаватором, оборудованным режущими барами.

При устройстве котлованов и траншей в зимних условиях следует предохранять от промерзания их основание, оставляя недобор грунта или утепляя дно. Зачищать основание надо непосредственно перед возведением фундамента или укладкой трубопровода.

§ 5. ОБРАТНАЯ ЗАСЫПКА, УСТРОЙСТВО НАСЫПЕЙ И ПОДВОДНЫХ ТРАНШЕЙ

Обратную засыпку котлованов и траншей в зимних условиях выполняют, соблюдая следующие требования:

пазухи между стенками котлована и возведенными в нем фундаментами надо засыпать грунтом, содержащим мерзлых комьев не более 15% общего объема засыпки; засыпать пазухи внутри зданий мерзлым грунтом запрещено;

при прокладке трубопроводов траншею на высоту 0,5 *м* выше трубы засыпают талым грунтом. Верхнюю часть траншеи можно засыпать мерзлым грун-

том, не содержащим комьев величиной более 5—10 *см* (для засыпки траншей в пределах проездов с твердым покрытием применять мерзлый грунт нельзя).

При возведении насыпей в зимних условиях содержание мерзлого грунта по отношению к общему его объему не должно превышать: в дорожных насыпях — 20%, в железнодорожных — 30, насыпях без устройства покрытия до полной осадки — 50 и при планировке площадок — 60%. Без ограничения допускается применять разрыхленные скальные грунты, щебень, гравий, крупный и средней крупности песок. Эти грунты укладывают и уплотняют, как и в летнее время. Глинистые грунты, а также мелкие и пылеватые пески можно применять только в талом состоянии.

Разработка подводных траншей сопровождается дополнительными работами: удалением льда по периметру земснарядов, поддержанием незамерзающей проруби (майны), подготовкой земснарядов для работы в зимних условиях, в том числе оборудованием их системой отопления для обогрева механизмов и рабочих помещений.

Майну предохраняют от замерзания так называемым «холодным кипением» воды, которое вызывают нагнетанием по трубам сжатого воздуха ко дну водоема, а также подачей на поверхность более теплой глубинной воды насосами.

Пульповоды защищают от промерзания, своевременно опорожняя их от пульпы, для чего они должны иметь уклон, обеспечивающий сток пульпы самотеком к пониженным отметкам.

Глава 6

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ КОМПЛЕКТОВ МАШИН

Комплексной механизацией земляных работ предусматривают выполнение основных и вспомогательных процессов с помощью рациональных звеньев машин, увязанных между собой по технологическому назначению, техническому уровню и производительности. Звенья и отдельные машины комплекта работают как единый агрегат, выполняя операции в последовательном порядке непрерывным потоком.

В комплекте имеется одна или несколько ведущих машин, предназначенных для разработки и транспортирования грунта, и вспомогательные машины для предварительного разрыхления, разравнивания и уплотнения грунта, профилирования поверхностей и т. п. В отдельных случаях одной машиной (например, скрепером) выполняют несколько процессов: разрабатывают грунт, перемещают и разравнивают его и т. д. Ведущая машина — экскаватор, скрепер, бульдозер и т. п.— определяет производительность комплекта и, в известной мере, его состав и организацию работ. Основные параметры принятых машин увязывают так, чтобы наиболее полно использовать все машины, и прежде всего ведущую.

Состав комплекта машин зависит от вида земляного сооружения, объема работ, характеристики грунта, заданных сроков, а также условий производства работ, к которым относятся: распределение земляных масс на участках разработки, дальность перемещения грунта, рельеф местности, время года и др.

При подборе машин для комплекта исходят из того, где какую из них можно эффективнее использовать. Например, для разработки котлованов и траншей прежде всего учитывают основные технические параметры машины, обеспечивающие заданную ширину и глубину выемки, способы выгрузки грунта и требуемую производительность, соответствующую объему работ.

При экскаваторных работах следует отдавать предпочтение гидравлическим экскаваторам со сменным рабочим оборудованием в виде различных ковшей, захватов, рыхлителей и т. д., а также

экскаваторам-планировщикам, которыми, помимо разработки грунта, можно зачищать и планировать дно котлованов и траншей, устраивать откосы, кюветы и террасы. В тяжелых грунтах хорошо себя зарекомендовали сменные ковши конструкции КИСИ с цепным днищем, на которое не налипает грунт вследствие подвижности цепей.

Предпочтение следует отдавать машинам с автоматическим управлением рабочими процессами, например экскаваторам со следящими системами, которые обеспечивают устойчивую работу привода и обработку поверхности дна котлована с допуском ± 25 *мм*, автогрейдерам с аппаратами «Профиль I» или «Профиль II», стабилизирующими угол наклона отвала. Известно также, что на бульдозерах, оборудованных системами «Автоплан I» — «Автоплан III» и на скреперах с системами «Стабилоплан» при работе двигателя на оптимальном режиме регулируется толщина и профиль срезаемой стружки.

Для обеспечения непрерывности работы машин в комплекте производительность ведущего звена (в формуле III.64 она выделена жирным шрифтом) должна быть равной или несколько меньше производительности вспомогательных машин. Например, при скреперной разработке

$$П_р N_р \geqslant П_т N_т \geqslant \mathbf{П_с N_с} \leqslant П_б N_б \leqslant П_к N_к, \quad \text{(III.64)}$$

где $П_р$, $П_т$, $П_с$, $П_б$, $П_к$ — производительность рыхлителя, трактора-толкача, скрепера, бульдозера и катка, *м³/смену*; $N_р$, $N_т$, $N_с$, $N_б$, $N_к$ — соответственно количество машин.

В зависимости от конкретных условий число ведущих и вспомогательных машин бывает разным, некоторые звенья могут отсутствовать, кроме того, ведущие машины могут быть расположены в начале, середине или в конце механизированного потока.

Количественное соотношение между основными и вспомогательными машинами (экскаваторами и автосамосвалами, скреперами и тракторами-толкачами и др.), исходя из необходимости наилучшего их использования, рассчитывают математическими методами, в частности по теории массового обслуживания. Эти методы позволяют подобрать для комплекта оптимальный состав машин, каждой из которых будет обеспечена полная загрузка. Так, при объемах работ, измеряемых десятками тысяч кубометров, и удалении насыпи на расстояние 3 *км* целесообразен комплект из трех экскаваторов с 20 автосамосвалами. Подсчитано также, что при скреперных работах комплект из трех-четырех звеньев по четыре самоходных скрепера с трактором-толкачом в каждом или бригада из 16—20 скреперов с тремя толкачами обеспечивают заданный ритм и достижение наилучших технико-экономических показателей.

Когда вариантов производства работ есть несколько, для окончательного выбора комплекта машин сравнивают основные технико-экономические показатели, а именно: приведенные удельные затраты на 1 $м^3$ земляных работ $П_{у.з}$, трудоемкость разработки 1 $м^3$ грунта $q_е$ и продолжительность работ T.

Приведенные удельные затраты на 1 $м^3$ земляных работ определяют по формуле

$$П_{у.з} = \frac{E_н \sum_{i=1}^{n} \frac{K_i T_{oi}}{T_{гi}} + C_о}{V} \text{ руб.}, \quad \text{(III.65)}$$

где $E_н$ — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений; K_i — балансовая стоимость i-й машины ($i = 1, 2, \ldots n$), участвующей в механизированном процессе, руб.; T_{oi} и $T_{гi}$ — число часов работы на объекте и в году i-й машины; V — объем работы, $м^3$; $C_о$ — общая себестоимость разработки грунта, руб., вычисляемая так:

$$C_о = 1{,}08 \sum_{i=1}^{n} C_{м\text{-}ч_i} T_{oi} + C_д + 1{,}5\ З \text{ руб.}, \quad \text{(III.66)}$$

где 1,08 и 1,5 — коэффициенты накладных расходов к прямым затратам и заработной плате; $C_{м\text{-}ч_i}$ — себестоимость 1 машино-часа i-й машины комплекта, руб., составляющая

$$C_{м\text{-}ч} = \frac{C_{ед}}{T_о} + \frac{C_г}{T_г} + C_э \text{ руб.} \quad \text{(III.67)}$$

Здесь $C_{ед}$ — единовременные расходы на доставку, монтаж и демонтаж машины и пр., руб.; $C_г$ — годовые затраты, включающие амортизацию и капитальный ремонт машин, руб.; $C_э$ — текущие эксплуатационные расходы, исчисленные на 1 *ч* и включающие заработную плату, стоимость энергоматериалов, техническое обслуживание ТО и текущий ремонт ТР, руб.; $C_д$ — дополнительные затраты, связанные с организацией работы машин, руб.; З — заработная плата рабочих, выполняющих ручные процессы, руб.

Трудоемкость разработки 1 м^3 определяют из выражения

$$q_e = Q/V \ чел.-ч, \qquad (III.68)$$

где Q — затраты труда на обслуживание машин, вспомогательные и подготовительные работы, *чел.-ч*, которые вычисляют по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^{n} m_{мех\,i} T_{oi} + \sum_{i=1}^{n} q_{м.\,д\,i} + q_{руч} + q_{п.\,в} \ чел.-ч. \qquad (III.69)$$

Здесь $m_{мех\,i}$ — число рабочих, управляющих i-й машиной; $q_{м.\,д\,i}$ — единовременные затраты труда по доставке на площадку, монтаж и демонтаж i-й машины, *чел.-ч*; $q_{руч}$ — общие затраты труда на ручные операции, *чел.-ч*; $q_{п.\,в}$ — общие затраты труда на подготовительные и вспомогательные работы, *чел.-ч*.

Продолжительность выполнения работы принимают по графику строительного процесса.

§ 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС ПРИ ПЛАНИРОВКЕ ПЛОЩАДКИ

Выбор методов производства работ в большой мере зависит от распределения земляных масс, которое сводится к нахождению направлений и средних расстояний перемещения грунта.

Средней дальностью перемещения грунта считают расстояние между центрами тяжести выемки и насыпи. Величина получается, конечно, приближенная, но достаточная для подбора комплектов машин.

Это расстояние определяют для площадки в целом, если ее размеры невелики, а при сложном рельефе и значительной площади — для отдельных ее участков.

Задачу распределения земляных масс при планировке площадки можно решить аналитически, графоаналитически и с применением линейного программирования. Во всех случаях стремятся к тому, чтобы сумма произведений объемов грунта выемок на расстояния перемещения была бы наименьшей.

Аналитический метод (метод статических моментов). Координаты центра тяжести выемки $X_в$, $Y_в$ и насыпи $X_н$, $Y_н$ вычисляют по статическим моментам объемов относительно координатных осей — двух сторон площадки или двух взаимно перпендикулярных сторон нивелировочной сетки:

$$X_в = \frac{\sum V'_в X'_в}{\sum V'_в} \ м; \qquad (III.70)$$

$$Y_в = \frac{\sum V'_в Y'_в}{\sum V'_в} \ м; \qquad (III.71)$$

$$X_н = \frac{\sum V'_н X'_н}{\sum V'_н} \ м; \qquad (III.72)$$

$$Y_н = \frac{\sum V'_н Y'_н}{\sum V'_н} \ м. \qquad (III.73)$$

В формулах (III.70) — (III.73): $V'_в$, $V'_н$ — объемы грунта в пределах простейших фигур, *м*^{3}; $X'_в$, $Y'_в$, $X'_н$, $Y'_н$ — координаты центров тяжести простейших фигур, *м*.

Среднюю дальность перемещения грунта $L_{ср}$, *м*, определяют как расстояние между двумя точками по их координатам:

$$L_{ср} = \sqrt{(X_в - X_н)^2 + (Y_в - Y_н)^2}. \qquad (III.74)$$

Графоаналитический метод (рис. III. 22,*а*). В двух проекциях картограммы по рядам квадратов строят кривые объемов грунта раздельно для нарастающих объемов выемки и насыпи.

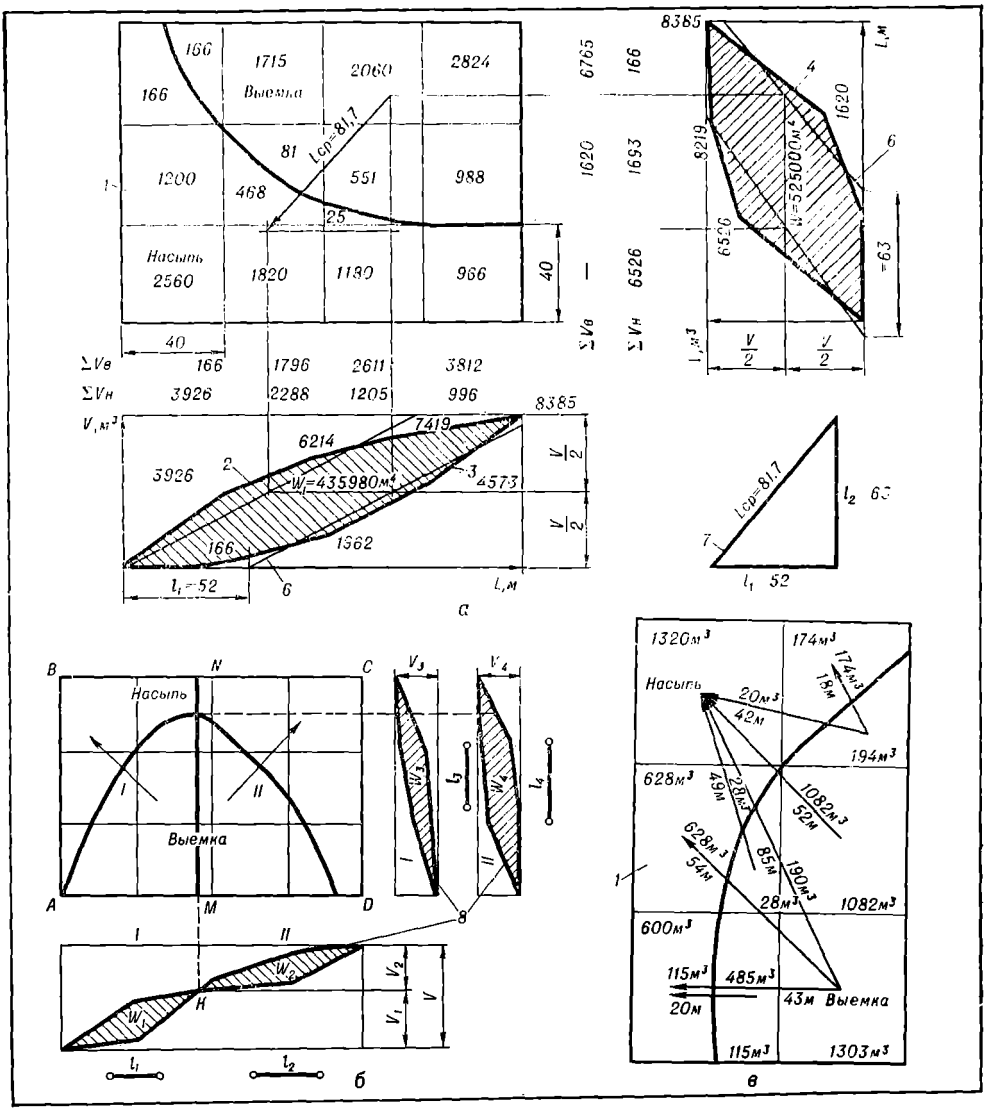


Рис. III.22. Распределение земляных масс на площадке:

а — определение среднего расстояния перемещения грунта графоаналитическим методом; *б* — членение выемки и насыпи на участки; *в* — распределение земляных масс методом линейного программирования (оптимальный план); *1* — план площадки; *2, 3* — кривые объемов насыпей и выемок по нарастающим итогам вертикальных рядов квадратов; *4, 5* — то же, по нарастающим итогам горизонтальных рядов квадратов; *6* — параллелограммы, равновеликие фигурам, заключенным между кривыми объемов выемок и насыпей; *7* — среднее расстояние перемещения грунта; *8* — кривые объемов выемок и насыпей для участков I и II.

Площади фигур W_1 и W_2, заключенные между кривыми объемов выемки и насыпи, являются геометрической интерпретацией проекции суммарной работы по перемещению грунта и представляют собой произведения объема грунта V на проекцию среднего расстояния перемещения l_1 и l_2:

$$W_1 = Vl_1; \qquad \text{(III.75)}$$

$$W_2 = Vl_2. \qquad \text{(III.76)}$$

Площадь каждой неправильной фигуры W_1 и W_2 равновелика параллелограмму высотой V и с основанием l_1 и l_2, поэтому $l_1 = \frac{W_1}{V}$ м и $l_2 = \frac{W_2}{V}$ м.

Среднее расстояние перемещения грунта $L_{ср}$ находят решением прямоугольного треугольника:

$$L_{ср} = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}. \qquad \text{(III.77)}$$

При сложном рельефе площадку членят на участки, подбирая объемы грунта в пределах простейших фигур (квадратов или треугольников) либо графическим способом (см. рис. III. 22,*б*).

Точка K пересечения кривых нарастающих объемов выемки и насыпи определяет положение прямой MN, разделяющей площадку на два участка $ABNM$ и $MNCD$, в пределах которых объемы насыпи и выемки равновелики. Для каждого участка строят кривые объемов по нарастающим итогам горизонтальных рядов квадратов.

На сложных площадках при значительных расстояниях перемещения грунта оптимальный вариант выбирают методом линейного программирования с применением вычислительных машин или рассчитывают вручную.

Метод линейного программирования. Для определения минимума транспортной работы, $м^3 \cdot м$, составляют математическую модель в виде целевой функции

$$\text{мин } Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} X_{ij} C_{ij} \qquad \text{(III.78)}$$

с ограничениями:

$$\sum_{i=1}^{m} A_i = \sum_{j=1}^{n} B_j; \qquad \text{(III.79)}$$

$$A_i = \sum_{j=1}^{n} X_{ij}; \qquad \text{(III.80)}$$

$$B_j = \sum_{i=1}^{m} X_{ij}. \qquad \text{(III.81)}$$

В формулах (III.78) — (III.81): m — количество квадратов выемки; i — номер конкретного квадрата выемки ($i = 1, 2, \ldots, m$); n — количество квадратов насыпи; j — номер конкретного квадрата насыпи ($j = 1, 2, \ldots, n$); C_{ij} — расстояние перемещения 1 $м^3$ грунта из квадрата выемки i в квадрат насыпи j; A_i — запас грунта в i-м квадрате выемки, $м^3$; B_j — потребность грунта в j-м квадрате насыпи, $м^3$; X_{ij} — искомый объем грунта, $м^3$, вынутого в i-м квадрате выемки, перемещенного и уложенного в j-й квадрат насыпи.

Уравнение (III.78) представляет собой оптимальное решение задачи.

Ограничения (III.79) — (III.81) соответственно означают:

суммарный объем грунта квадратов выемок равен объему грунта (в плотном теле), уложенного в квадратах насыпи (нулевой баланс);

грунт каждого квадрата выемки полностью перемещается в квадраты насыпи;

каждый квадрат насыпи полностью обеспечивается грунтом.

Для решения целевой функции составляют алгоритм либо пользуются готовым алгоритмом линейного программирования транспортной задачи.

Оптимальное распределение грунта наносят на картограмму земляных работ в виде векторов и возле каждого из них обозначают объем и расстояние перемещения грунта (рис. III.22,*в*).

Средневзвешенную дальность перемещения грунта определяют по формуле

$$L_{ср.\,д} = \text{мин } Z/V. \qquad \text{(III.82)}$$

§ 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

Земляные сооружения возводят на основании рабочих чертежей и в соответствии с проектом производства работ (ППР), составной частью которого являются технологические карты, где приводят способы, последовательность и графики выполнения процессов, разбивку на участки и захватки, размещение машин и пути движения транспорта, перечисляют требуемые материально-технические ресурсы, а также мероприятия по технике безопасности.

До начала **вертикальной планировки** площадок в зонах будущих насыпей прокладывают инженерные сети и возводят фундаменты зданий. Если это не представляется возможным, эти участки оставляют временно незасыпанными.

В зонах будущих выемок котлованы и траншеи надо устраивать по окончании планировки площадок.

Работы по устройству земляных сооружений выполняют поточным методом. Число захваток должно соответствовать количеству одновременно выполняемых процессов. Так, при устройстве выемки в плотном грунте его на одной захватке рыхлят, а на другой — разрабатывают. При одновременном выполнении ряда процессов минимальное число захваток увеличивается.

Размеры захваток определяют, исходя из требуемого фронта работ для ведущих машин. Например, при подготовке рыхлителями фронта работы для скреперов площадь захваток выемки определяют по формуле

$$F = \frac{k\sum П_с}{h} \text{ м}^2, \qquad \text{(III.83)}$$

где k — продолжительность работы скрепера на одной захватке (модуль цикличности), принимаемая равной одной смене; $\sum П_с$ — суммарная производительность комплекта скреперов, *м³/смену*; h — толщина разрыхляемого слоя, *м*.

В зимних условиях площадь захватки F рассчитывают так, чтобы в забое замерзший слой грунта не превышал 5 *см*:

$$F \leqslant \frac{k\sum П_с tbL}{V_г} \text{ м}^2, \qquad \text{(III.84)}$$

где t — время в сутках, в течение которого разрабатываемый грунт успеет промерзнуть на глубину 5 *см*; b, L — ширина и длина полосы резания, *м*; $V_г$ — объем грунта в плотном теле, перевозимый за один цикл, *м³*.

При устройстве линейных земляных сооружений экскаватором (траншей, каналов и др.) длина захватки выемки

$$L_з = \frac{klП_э}{V} \text{ м}, \qquad \text{(III.85)}$$

где l — длина земляного сооружения, *м*; $П_э$ — производительность экскаватора, *м³/смену*; V — объем земляного сооружения, *м³*.

Аналогично можно рассчитать и длину захваток насыпей.

В зависимости от размера захватки, принятой для ведущих машин, определяют **объемы работ для остальных процессов** (предшествующих и последующих), подбирают отдельные машины и составы звеньев машин для выполнения каждого процесса. Если производительность вспомогательной машины очень высока и ее полностью нельзя использовать, вспомогательную машину надо заменить универсальной, выполняющей несколько процессов.

Например, при планировке площадок нецелесообразно применять рыхлитель, поскольку его производительность составляет 4700—9300 *м³* в смену и обеспечить его достаточным фронтом работ в условиях обычной строительной площадки невозможно. В этом случае, пользуясь бульдозером с прицепными снарядами (рыхлителем и катками) как универсальной машиной, можно им поочередно разрыхлять грунт в зоне выемки, разравнивать и уплотнять его на участке насыпи, сохраняя при этом размеры захваток соответствующими сменной производительности звена ведущих машин.

Непрерывность процессов разравнивания и уплотнения грунта можно обеспечить применением пневмоколесного трактора с уширенными пневматиками и бульдозерным оборудованием (рис. III.23,*а*).

Производя земляные работы большегрузными самоходными скреперами, ими можно попутно уплотнять грунт без снижения производительности на отсыпке при условии соблюдения определенной технологии работ (рис. III.23,*б*).

При значительном фронте работ, когда в пределах отдельных захваток процессы протекают быстро, их выполняют сразу на нескольких захватках. Так, траншеи засыпают бульдозером одновременно на двух-четырех захватках. В этом случае к засыпке траншеи приступают через несколько дней после окончания предыдущего процесса, чтобы создать требуемый фронт работ для непрерывного использования высокопроизводительного бульдозера.

При производстве земляных работ предусматривают максимальное **совмещение процессов**, выполняемых машинами и бригадами рабочих. Начало

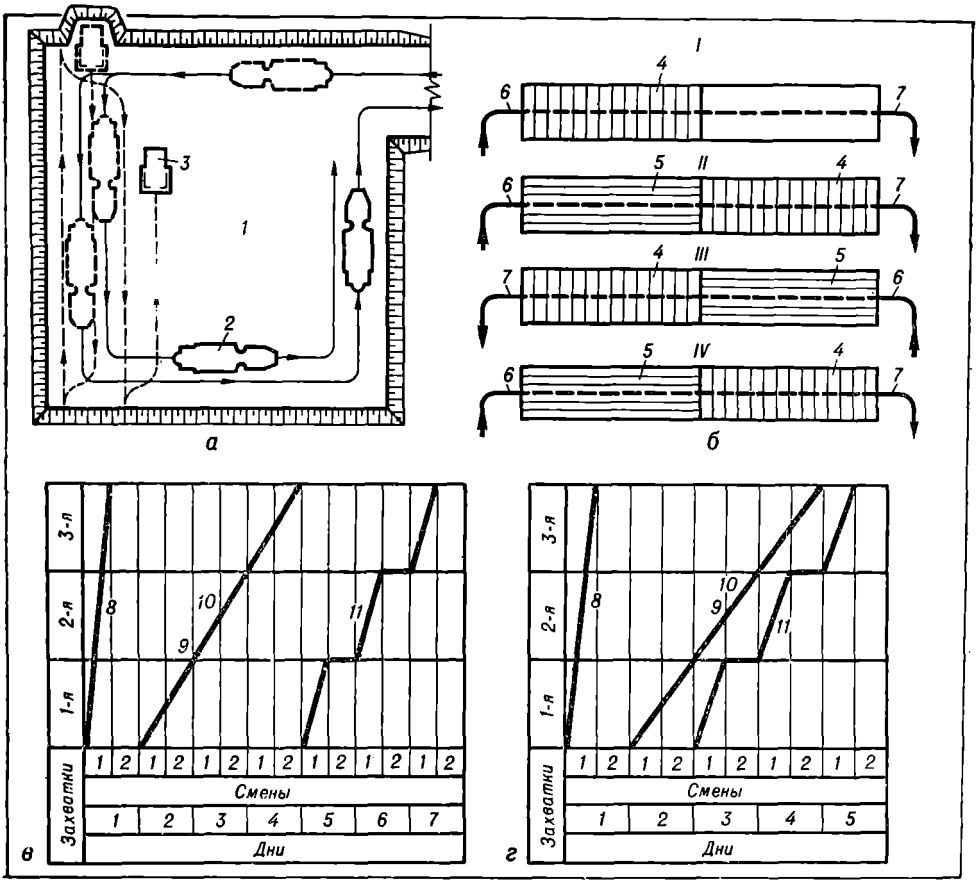


Рис. III.23. Организация процесса производства земляных работ:

а — совмещение процессов разравнивания и уплотнения грунта бульдозером; *б* — то же, отсыпки и уплотнения грунта скреперами; *в* — циклограмма устройства котлована экскаватором, оборудованным прямой лопатой; *г* — то же, экскаватором, оборудованным обратной лопатой или драглайном; *1* — участок отсыпки; *2* — скрепер; *3* — бульдозер; *4* — карты отсыпки; *5* — карты уплотнения; *6* — направления движения скреперов к насыпи; *7* — то же, к забою; I—IV — последовательность отсыпки и уплотнения грунта скреперами; *8* — разбивка котлована; *9* — экскавация грунта; *10* — транспортирование грунта; *11* — рытье траншей.

выполнения отдельных процессов зависит от способов и условий производства работ с учетом требований техники безопасности. Так, одновременно с разработкой выемки экскаватором по условиям безопасности последующие процессы можно выполнять лишь вне радиуса действия экскаватора.

Примером влияния способов и условий принятой технологии может служить рытье траншеи (для фундаментов) в котловане. При разработке котлована *экскаватором, оборудованным прямой лопатой*, к копанию траншеи приступают лишь после окончания работы экскаватора и прекращения движения транспортных средств по дну котлована (рис. III.23,*в*). В случае разработки котлована *экскаватором с обратной лопатой или драглайном* и подачи транспортных средств по верху рыть траншеи для фундаментов можно вслед за работой экскаватора вне радиуса его действия (рис. III.23,*г*).

§ 4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ И ИХ ПРИЕМКА

В процессе возведения земляного сооружения непрерывно ведется **контроль** за тем, точно ли соблюдаются проект, требования СНиП, инструкций и руководств

по специальным видам работ. Результаты контроля заносят в журналы работ. На законченные части земляных сооружений, в том числе на скрытые работы, составляют акты, которые вместе с исполнительными чертежами, результатами лабораторных испытаний грунтов и другими документами предъявляют во время технической сдачи-приемки объекта.

В процессе возведения насыпей, в том числе и при планировке площадей, предварительно изучают строительные свойства грунтов, предназначенных для устройства этих сооружений. На всех этапах работ контролируют толщину и степень уплотнения отсыпаемых слоев, влажность грунта, режим работы машин на укатке. Плотность грунта проверяют лабораторным исследованием отбираемых проб. Прогрессивным является радиоизотопный метод измерения плотности и влажности, который основан на поглощении грунтом радиоактивных изотопов в зависимости от его физико-механических свойств.

Особенно важно тщательно наблюдать за качеством грунтов и их уплотнением в зимних условиях. Количество мерзлого грунта не должно превышать установленных пределов.

При устройстве временных сооружений (котлованов, траншей) проверяют горизонтальную привязку, правильность осей, вертикальные отметки. Случайные переборы грунта, т. е. снятие его ниже проектных отметок, заполняют грунтом, однородным вынутому, с последующим уплотнением его, а в особо ответственных случаях — тощим бетоном.

Приемка насыпей и выемок заключается в проверке в натуре положения земляного сооружения, его продольного и поперечного профилей, правильности устройства водоотвода, степени уплотнения грунтов.

При приемке работ по планировке площадок и территорий надо удостовериться, что отметки и уклоны соответствуют проектной поверхности, нет переувлажненных участков и местных просадок грунта.

Принимая котлованы и траншеи, проверяют соответствие проекту их размеров, отметок, качества грунта в основании, правильность устройства креплений. После освидетельствования выполненных работ разрешают устраивать фундаменты, укладывать трубы и т. п.

§ 5. ОХРАНА ТРУДА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Перед началом земляных работ на местности отмечают расположенные в зоне разработки подземные коммуникации. Земляные работы в этих местах проводят с письменного разрешения соответствующих организаций и в присутствии их представителей.

В непосредственной близости к электрокабелям, газопроводам, напорным водопроводам грунт разрабатывают только лопатами, ударные инструменты (ломы, кирки, клинья и др.) применять не разрешается.

В случае обнаружения подземных сооружений, не предусмотренных проектом, работы приостанавливают до получения дополнительных указаний.

Около фундаментов зданий грунт надо разрабатывать небольшими захватами длиной не более 1,5 *м* и при необходимости принимать меры по укреплению фундаментов.

В разрабатываемых котлованах и траншеях делают откосы или временно крепят стенки, если они вертикальные. Наибольшая допустимая крутизна откосов в грунтах естественной влажности в зависимости от вида грунта и глубины выемки установлена СНиП III-Б.1-71 и приведена на с. 53. При разработке выемок с вертикальными стенками состояние креплений проверяют ежесменно. Разбирать крепления можно только под наблюдением мастера в таком порядке: переставляя распорки в направлении снизу вверх, постепенно снимают по одной доске в слабых грунтах и по две-три — в устойчивых.

Для спуска рабочих в котлованы и траншеи пользуются стремянками шириной не менее 0,75 *м* с перилами. Спускаться по распоркам креплений запрещено.

В пределах призмы обрушения вдоль верхней бровки котлованов и траншей нельзя размещать материалы, устанав-

ливать строительные машины и допускать их движение. Расстояние от оси погрузочного пути до бровки разрабатываемого откоса (при угле его наклона не более угла естественного откоса) для железнодорожных линий нормальной колеи принимают 4 *м*, для узкой колеи и автотранспорта — 2,5 *м*.

Экскаваторы во время работы располагают на спланированных площадках. На автомобили грунт грузят со стороны заднего или бокового борта.

При гидромеханических работах вблизи населенных пунктов территорию ограждают и снабжают предупредительными знаками, а в ночное время — освещают. До начала работы линии электропередач, проходящие над забоем, переносят в другое место. Гидромониторы, не оборудованные ограничителями поворота ствола, устанавливают так, чтобы промежутки между гидромониторами были больше максимального расстояния действия струи.

Земляные работы в зимних условиях выполняют, строго соблюдая указания проекта производства работ и специальные правила техники безопасности.

РАЗДЕЛ IV

БУРЕНИЕ И РАЗРАБОТКА ГРУНТОВ С ПОМОЩЬЮ ВЗРЫВОВ

Глава 1

БУРЕНИЕ ШПУРОВ И СКВАЖИН

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бурение производят с целью разведки напластований грунтов, залежей каменных материалов, для водоснабжения и водопонижения, при взрывных работах и для других производственных целей.

В разрабатываемых породах бурильным инструментом бурят цилиндрические отверстия — **выработки.**

Выработку диаметром до 75 *мм* и глубиной до 6 *м* называют ш п у р о м, диаметром более 75 *мм* и глубже 6 *м* — с к в а ж и н о й.

Шпуры и скважины бывают *вертикальные*, *наклонные* и *горизонтальные.* Начало шпура или скважины у поверхности земли называют *устьем*, низ — *забоем*, боковые поверхности — *стенками.*

Процесс бурения состоит из двух операций: разрушения (отделения) породы на дне скважины и удаления разрушенной породы из скважины.

Трудоемкость бурения породы — б у р и м о с т ь — характеризуется временем чистого бурения 1 *м* скважины (шпура) и зависит от крепости породы. Крепость породы (сопротивляемость горной породы любым видам разрушения) характеризуется коэффициентом *f*. Согласно наиболее распространенной классификации горных пород по крепости, составленной проф. М. М. Протодьяконовым, коэффициент *f* равен: для мягких пород — 0,8—2; для средних — 3—4; для крепких — 5—10 и для очень крепких — 15—20.

В зависимости от геологических и гидрологических условий выработок и их глубины применяют те или иные с п о с о б ы б у р е н и я, которые можно подразделить на две группы.

К *первой группе* относятся ударный, ударно-вращательный, вращательный и вибрационный способы бурения, при которых породу разрушают механически, воздействуя на нее породоразрушающими инструментами.

Ко *второй группе* относятся термический, взрывной, гидравлический и электрогидравлический способы, при которых для бурения используются физико-химические методы разрушения горных пород.

Наиболее часто пользуются механическими способами бурения, а из второй группы практическое значение имеет термический способ. Последние три способа второй группы применяют пока в опытном порядке (они еще не вышли из стадии лабораторных исследований и промышленных испытаний).

Разрушенный грунт (буровая мелочь, шлам) удаляют из скважин глинистым раствором или водой, струей сжатого воздуха, шнековыми устройствами, желонками и другими приспособлениями, которые выбирают в зависимости от способа бурения, глубины скважины и рода грунта.

Стенки скважин в слабых, рыхлых и насыщенных водой грунтах крепят стальными *обсадными трубами.* Колонны обсадных труб составляют из звеньев длиной 1,5—4,5 *м*, соединяемых муфтами, ниппелями или свинчиванием (труба в трубу). Внутренний диаметр труб принимают на 4—6 *мм* больше диаметра бурового инструмента. Чтобы легче было опускать колонну обсадных труб, на ее нижнее звено устанавливают *коронку*, а для защиты нарезки от ударов на верхнее звено обсадной трубы надевают *патрубок.*

§ 2. БУРЕНИЕ ШПУРОВ

Механический способ применяют для бурения шпуров с помощью перфораторов (пневматических бурильных молотков) и электросверл.

Принцип действия перфоратора заключается в том, что сжатый воздух, поступающий от компрессора, через распределительное устройство воздействует попеременно с двух сторон на поршень и заставляет его совершать возвратно-поступательные движения внутри полого цилиндра — корпуса перфоратора (рис. IV.1,*а*). В конце рабочего хода поршень своим бойком наносит удар по хвостовику рабочего наконечника, в результате чего лезвием коронки бур откалывает частицы породы в шпуре. После каждого удара с помощью поворотного устройства бур автоматически поворачивается на некоторый угол вокруг

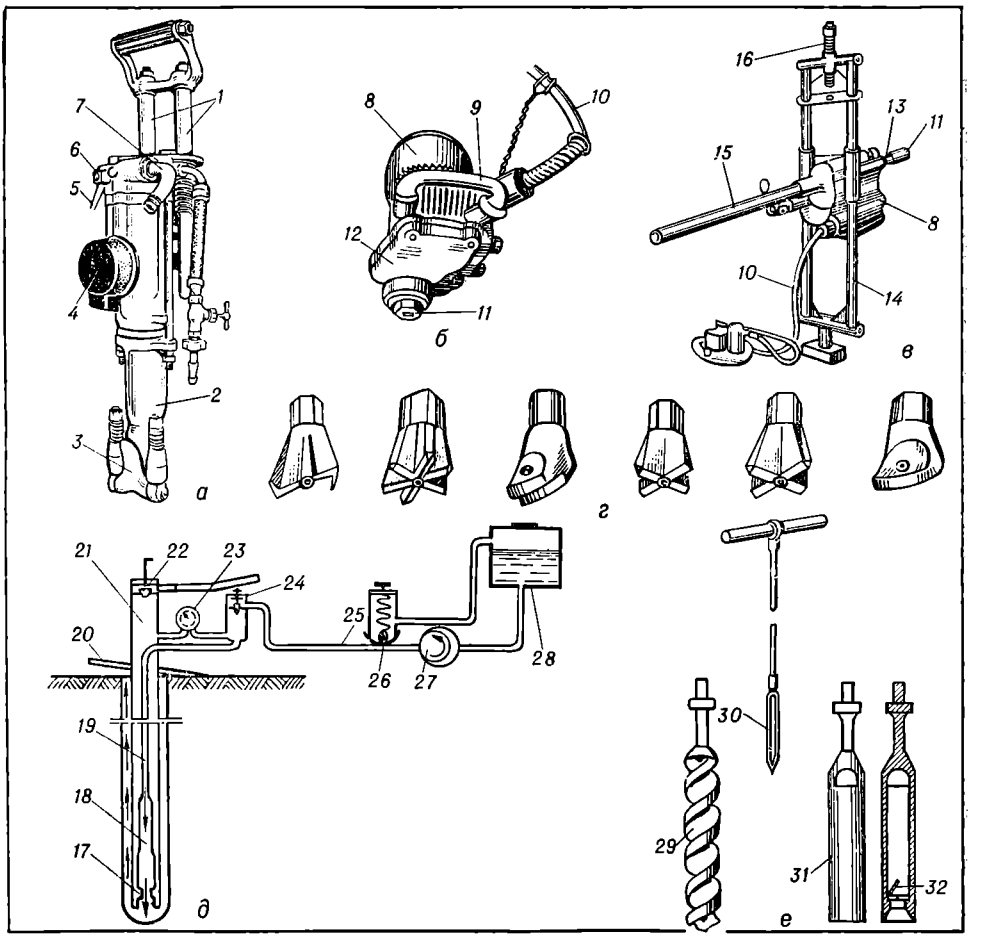


Рис. IV.1. Оборудование и инструмент, применяемые при бурении шпуров:

а — бурильный молоток (перфоратор ПР-30); *б* — ручное электросверло; *в* — колонковое электросверло с распорной колонкой; *г* — формы головок бура; *д* — схема ручного термобура; *е* — бур-щуп ручной; *1* — трубки, сваренные в рамку; *2* — цилиндр; *3* — буродержатель; *4* — глушитель шума; *5* — поворотная рукоятка; *6* — воздушный шланг; *7* — патрубок; *8* — корпус; *9* — ручка; *10* — электрокабель; *11* — патрон; *12* — верхняя крышка; *13* — шпиндель; *14* — распорная колонка; *15* — защитная трубка шпинделя; *16* — распорный винт; *17* — сопло; *18* — камера сгорания; *19* — топливная трубка; *20* — щиток; *21* — труба; *22* — воздушный кран; *23* — манометр; *24* — топливный кран; *25* — топливный шланг; *26* — редукторный клапан; *27* — топливный насос; *28*—топливный бак; *29* — напарье-змеевик; *30* — общий вид ручного бура; *31* — напарье-желонка; *32* — клапан.

продольной оси. Рабочей частью бурильных молотков (рис. IV.1, *г*) являются долотчатый буровой инструмент, крестообразные и звездчатые буры и коронки.

При бурении нетрещиноватых пород мягкой и средней крепости применяют однодолотчатую головку, армированную твердыми сплавами. Двухдолотчатыми головками бурят вязкие и трещиноватые породы. Головки крестообразной формы используют для бурения пород средней крепости с незначительной трещиноватостью, а также вязких пород. Крепкие и трещиноватые породы бурят крести звездообразными головками. Буры, армированные твердыми сплавами, способствуют значительному увеличению производительности бурения, срока службы перфораторов и снижению стоимости работ.

Шпуры глубиной до 2,5 *м* и диаметром до 45 *мм* бурят ручными легкими (до 20 *кг*) и средними (до 25 *кг*) перфораторами; глубиной более 2,5 *м* и диаметром 47—75 *мм* — тяжелыми (до 35 *кг*), устанавливаемыми на специальных тележках или треногах. Буровую мелочь и шлам удаляют, промывая скважину водой под давлением или продувая сжатым воздухом.

Электросверла — легкие с ручной подачей и тяжелые с автоматической — применяют для вращательного бурения шпуров диаметром до 46 *мм* и глубиной до 5 *м* в породах различной твердости. При эксплуатации *ручного электросверла* (рис. IV.1,*б*) осевое давление создается за счет мускульной энергии бурильщика. *Колонковые электросверла* (рис. IV.1,*в*), закрепленные в распорной колонке, имеют автоматическую подачу. Рабочим органом любого сверла является сменный резец, укрепляемый на конце буровой штанги, вставляемой в патрон шпинделя сверла. Комплекты буровых штанг подбирают в соответствии с глубиной шпуров. При бурении ручным электросверлом шлам или буровую мелочь удаляют из шпура быстрым извлечением сверла, не прекращая его вращения; при работе колонковыми электросверлами шлам удаляют промывкой.

Термический способ бурения используют для очень крепких пород кристаллической структуры. Имеются ручные термобуры и передвижные станки термического бурения на гусеничном и автомобильном ходу. По производительности даже ручное термобурение в 10—12 раз эффективнее механических способов бурения.

Ручной термобур (рис. IV.1,*д*) для бурения шпуров диаметром 60 *мм* и глубиной 1,5—2 *м* представляет собой металлическую трубку-кожух диаметром 30 *мм*, в которую вмонтирована реактивная горелка с форсункой, распыляющей керосин. Температура огненной струи, выбрасываемой термобуром, достигает 1800—2000° С. Если для бурения не требуются такие высокие температуры, вместо кислорода подводят сжатый воздух. Порода, нагреваясь, раскалывается на мелкие части, выбрасываемые струей газа наверх.

Передвижными станками термического бурения можно бурить шпуры и скважины диаметром до 130 *мм* и глубиной до 8 *м*.

В мерзлых грунтах шпуры диаметром 50—70 *мм* и глубиной до 2 *м* бурят с применением горячего сжатого воздуха. Для этого используют установку, состоящую из компрессора и калорифера. Из компрессора, проходя через нагреватель, сжатый воздух по шлангам поступает в калорифер. Струя сжатого воздуха, подогретого до 60—90° С, по шлангу, имеющему перфорированный наконечник, подается в грунт, размораживает его и выбрасывает из шпура.

Ручной способ применяют для бурения шпуров в мягких грунтах на глубину до 5 *м*. Пользуются при этом ручным буром-щупом (рис. IV.1,*30*), снабженным различными наконечниками (рис. IV.1, *29*, *31*). Бур-щуп — это штанга, в верхней части которой укреплен горизонтальный хомут. С помощью хомута вращают штангу или поднимают ее, чтобы нанести удар по породе. К нижней части штанги привинчивают наконечники, форма которых — ложкообразная, желоночная или винтовая — зависит от прочности буримой породы. Для бурения в сыпучих грунтах применяют однолопастную или двухлопастную ложку, в вязких грунтах — змеевик (рис. IV.1,*е*,*29*), а в плывунах — желонку (рис. IV.1,*е*, *31*).

§ 3. БУРЕНИЕ СКВАЖИН

Скважины бурят ударным, вращательным и вибрационным способами.

Ударный способ заключается в том, что буровой снаряд массой 1000—3000 *кг* падает с определенной высоты в забой скважины и разрушает породу вследствие развивающейся при его падении живой силы удара. После каждого удара буровой снаряд поворачивается на

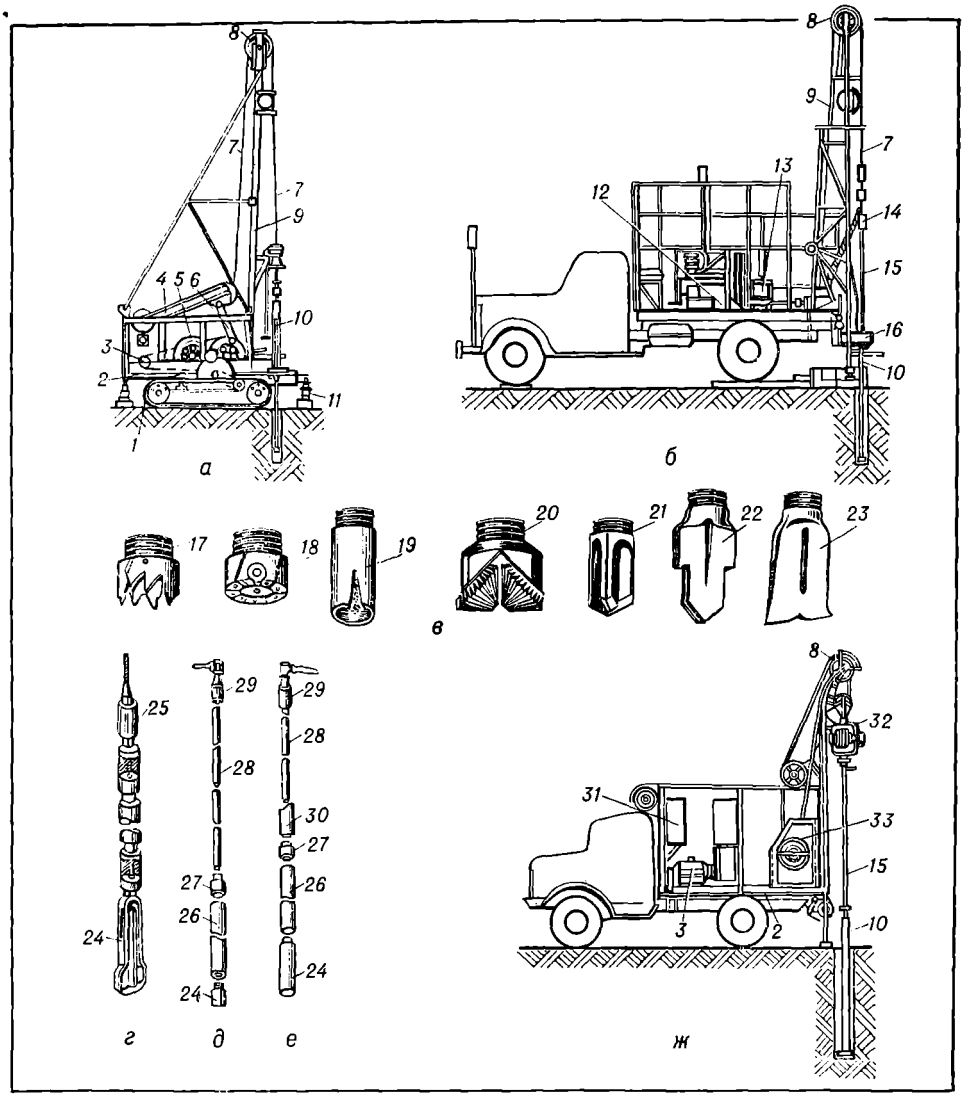


Рис. IV.2. Буровые установки и оборудование для бурения скважин:

а — самоходная установка ударно-канатного бурения; *б* — то же, колонкового бурения: *в* — рабочие наконечники: *г* — буровой снаряд для ударно-канатного бурения; *д* — то же, для колонкового бурения; *е* — то же, для дробового бурения; *ж* — самоходная установка вибрационного бурения; *1* — гусеничный ход; *2* — рама; *3* — электродвигатель *4* — балансирная рама; *5* — барабан; *6* — шатун; *7* — трос; *8* — блок; *9* — мачта; *10* — буровой снаряд; *11* — домкраты; *12* — двигатель; *13* — насос; *14* — вертлюг; *15* — штанга; *16* — ротор; *17* — коронка, армированная резцами из твердого сплава; *18* — то же, мелкими алмазами; *19* — дробовая коронка; *20* — шарошечное долото; *21* — крестовое долото; *22* — уступчатое долото; *23* — долото «рыбий хвост»; *24* — рабочие наконечники; *25* — канатный замок; *26* — колонковая труба; *27* — переходник; *28* — бурильные трубы; *29* — сальник; *30* — шламовая труба; *31* — щиты электропусковой аппаратуры; *32* — вибропогружатель; *33* — пульт управления.

некоторый угол, вследствие чего создаются условия для равномерного разрушения всей площади забоя скважины. Во время бурения в скважину периодически подают воду и образовавшийся шлам вычерпывают желонкой.

Буровой станок для ударного бурения (рис. IV.2,*а*) состоит из тележки на гусеничном ходу, рамы, кабины, в которой смонтированы электродвигатель и все электрооборудование, мачты с инструментальным и желоночным блоками, механизма свинчивания бурового снаряда, инструментальной и желоночной лебедок. Мачту поднимают и опускают ручной лебедкой. Ударным способом бурят скважины диаметром до 400 *мм* и глубиной до 200 *м*.

Буровой снаряд (рис. IV, 2,*г*) состоит из рабочего инструмента (долота, стакана или желонки), ударной штанги, ножниц и канатного замка. Сорвавшиеся части бурового снаряда извлекают ловильным инструментом.

Для вращательного бурения применяют самоходные установки (рис. IV. 2,*б*). Бурильный инструмент входит в толщу породы вращательно-поступательным движением по направлению своей оси. Различают два способа вращательного бурения: колонковый и роторный.

При колонковом способе вращение от электромотора или двигателя внутреннего сгорания передается буровому снаряду, зажатому в шпинделе бурового станка зажимным патроном. В нижней части снаряда (рис. IV.2,*д*) устанавливают колонковую трубу, которую при помощи переходников соединяют с *кольцевой коронкой*, армированной резцами из твердых сплавов или алмазами (рис. IV.2,*в*, *17*, *18*).

Если скважины бурят коронкой, то выбуривают кольцевой забой, а остающийся нетронутым столбик горной породы (керн) входит в колонковую трубу, вместе с которой его извлекают на поверхность.

В процессе бурения в забой скважины от насоса через нагнетательный шланг, сальник и бурильные трубы подают промывочную жидкость (глинистый раствор, воду), которая, поднимаясь между бурильными трубами и стенками скважины, выносит на поверхность шлам и охлаждает бурильный инструмент. Иногда при колонковом бурении вместо армированных применяют *дробовые коронки* (рис. IV.2,*в*,*19*). В этом случае для разрушения породы в забой скважины насыпают чугунную или стальную дробь. При бурении дробовыми коронками грунт в скважине измельчается по всей площади забоя и выносится на поверхность промывочной жидкостью. Крупные частицы шлама и дробь, не вынесенные на поверхность, собираются в шламовой трубе.

При роторном способе бурения бурильные трубы вращает специальный вращатель-ротор, устанавливаемый непосредственно над устьем скважины. Ротор имеет отверстие, через которое пропущена ведущая штанга квадратного сечения. Для разрушения твердых пород при роторном бурении чаще всего применяют *шарошечные* (рис. IV. 2,*в*, *20*) и *лопастные долота* (рис. IV.2, *в*, *22*, *23*), которые разрабатывают грунт по всей площади забоя скважины.

Шарошечные долота позволяют достичь высоких удельных давлений на забой, что повышает производительность и позволяет разрушать очень твердые породы. Промывают скважину, пробуренную шарошечными долотами, как и при колонковом бурении.

В суглинках и легких глинах применяют *шнековое бурение*. Выбуренная буровым наконечником порода извлекается из скважины шнеком, представляющим собой бурильные штанги с наваренными вдоль них по винтовой линии ребордами. Штанги, соединенные зажимами, образуют единую бурильную колонну, транспортирующую породу на поверхность.

К достоинствам вращательного бурения относят высокую производительность, более низкую стоимость работ, возможность бурения вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин, малую массу станков и простоту их обслуживания. Недостаток — ограниченный диаметр скважины (120—150 *мм*).

При вибрационном бурении применяют вибраторы направленного действия, жестко присоединенные к колонне буровых труб, имеющей на конце рабо-

чий наконечник. Под действием вибрирующего снаряда некрепкие грунты и породы выделяют связанную воду и часть породы в зоне контакта с вибрирующим наконечником переходит в подвижное состояние, что влечет за собой резкое снижение сопротивляемости грунта сдвигу и способствует погружению вибробурового снаряда в породу.

Для вибробурения шпуров и скважин диаметром до 125 *мм* и глубиной до 20—25 *м* применяют самоходные виброустановки (рис. IV.2,*ж*), состоящие из рамы и укрепленных на ней генератора, вращающегося от двигателя автомобиля; лебедки для подъема снаряда; мачты с блоком; вибропогружателя и щита управления электрической аппаратурой. При вибропогружении почти в десять раз повышается скорость проходки скважины по сравнению с ударно-канатным бурением. Однако с увеличением глубины выработки скорость бурения уменьшается вследствие снижения вибрации инструмента, и на глубине более 25 *м* вибрация совсем затухает.

Вибрационный способ целесообразно сочетать с ударно-канатным для эффективного бурения скважин глубиной более 25 *м*, пересекающих неустойчивые грунты и плотные глины.

Опыт работы свидетельствует, что эффективность использования виброустановок можно повысить, доукомплектовав их планетарными лебедками, электродвигателем и дополнительным блочком, что позволит производить бурение ударно-канатным способом.

§ 4. ОХРАНА ТРУДА ПРИ БУРОВЫХ РАБОТАХ

При производстве буровых работ надо выполнять «Единые правила безопасности при геологоразведочных работах», утвержденные Госгортехнадзором, и требования СНиП III-А.II-70.

К управлению буровыми станками допускаются лица, имеющие специальные удостоверения. Рабочие должны быть проинструктированы и снабжены соответствующими инструкциями по технике безопасности, указаниями о системе сигналов, правилами управления машиной, ухода за рабочим местом и т. д.

Буровой мастер отвечает за соблюдение правил безопасности членами бригады. До начала работы он обязан убедиться в исправности и надежности всех механизмов, наличии ограждения движущихся частей и обеспечении свободного доступа к станку, а также проверить исправность заземления электродвигателей, электроинструментов и пусковой аппаратуры станков.

При перемещении буровых станков с помощью тросов запрещается направлять руками трос на барабан лебедки и касаться фрикционных колес.

Сооружение, ремонт, передвижку и разборку буровых вышек выполняют под наблюдением ответственного лица. В пределах запретной зоны (до 15 *м* от устья скважины) пребывание посторонних лиц не допускается.

Места бурения в темное время суток должны быть хорошо освещены.

Глава 2

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА, СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ВЗРЫВАНИЯ

§ 1. ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Взрывной способ разработки грунта является одним из мощных средств механизации трудоемких и тяжелых работ. Если в городских условиях его применяют в исключительных случаях, то на открытой местности он иногда служит основным способом производства земляных работ.

Взрывчатые вещества (ВВ) представляют собой химические соединения или механические смеси, способные под влиянием определенных внешних воздействий к быстрому химическому превращению, сопровождающемуся образованием сильно нагретых и обладающих большим давлением газов. В результате возникает ударная волна, которая, распространяясь во все стороны

окружающей среды, оказывает разрушительное действие, называемое взрывом.

По практическому применению все ВВ подразделяются на три основные группы: инициирующие, бризантные и метательные. Бризантные, в свою очередь, делятся на ВВ повышенной, нормальной и пониженной мощности.

Инициирующие ВВ — гремучая ртуть, ТНРС (тринитрорезорцинат свинца) и азид свинца применяют для снаряжения капсюлей-детонаторов, капсюлей-воспламенителей и изготовления детонирующих шнуров. Особенность инициирующих ВВ — их чрезвычайная чувствительность к внешним воздействиям (искра, огонь, удар, трение).

К бризантным относятся ВВ, имеющие высокую скорость взрывчатого разложения, — динамит, аммониты, тротил и др. Сравнительно небольшая чувствительность их к удару и, следовательно, достаточная безопасность в обращении обеспечивают более широкое их применение.

Метательные ВВ имеют невысокую скорость взрывчатого разложения. Представители этого класса ВВ — дымный порох (механическая смесь селитры, серы и угля) и бездымный порох (пироксилиновый или нитроглицериновый).

Чаще других при подрывании грунтов и скальных пород применяют тротил и аммиачно-селитренные ВВ.

Тротил представляет собой твердое кристаллическое вещество светло-желтого или светло-коричневого цвета. В обращении безопасен. Бывает в порошкообразном, прессованном и плавленом виде. Сухой порошкообразный и прессованный тротил взрывается от капсюля-детонатора. Для взрыва плавленого тротила требуется промежуточный детонатор в виде прессованной тротиловой шашки. Прессованный тротил выпускается в больших шашках — массой 200 *г*, малых — 100 *г*, буровых — 75 *г*.

Прессованный и плавленый тротил не теряют своих взрывчатых свойств даже после длительного пребывания в воде.

Аммиачно-селитренные ВВ — взрывчатые смеси, основной частью которых является аммиачная селитра. Эти смеси представляют собой твердое кристаллическое вещество белого цвета, сильно гигроскопичное и хорошо растворимое в воде. В зависимости от вида компонентов, входящих в состав аммиачно-селитренных ВВ, они подразделяются на аммониты, динамоны и аммоналы.

Практически *безопасные* при хранении и перевозке, а также в обращении, аммиачно-селитренные ВВ поступают в порошкообразном виде, в бумажной таре и прессованными — в виде брикетов.

Отрицательными свойствами всех аммиачно-селитренных ВВ являются гигроскопичность, слеживаемость и спекаемость. При 3%-ной влажности этих видов ВВ имеют место отказы.

§ 2. СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ВЗРЫВАНИЯ

Заряды, заложенные в грунт, взрывают огневым или электрическим способом. Каждый из них можно осуществлять с помощью детонирующего шнура (ДШ).

Огневой способ является основным для взрывания одиночных зарядов или для разновременного взрывания серий зарядов.

Для взрывания огневым способом нужны капсюли-детонаторы, огнепроводный шнур, детонирующий шнур, воспламенительный (тлеющий) фитиль, механические или терочные воспламенители, спички — обыкновенные или тлеющие. При наличии стандартных зажигательных трубок потребность в спичках, тлеющем фитиле и механических или терочных воспламенителях отпадает.

Капсюли-детонаторы (рис. IV.3,*а*) служат для инициирования зарядов ВВ. Они бывают в алюминиевых, медных или бумажных оболочках. Взрывается капсюль-детонатор от пучка искр огнепроводного шнура, от пламени электровоспламенителя или от взрыва детонирующего шнура.

С капсюлями-детонаторами надо обращаться осторожно, так как от удара или толчка, трения или нагревания, сплющивания или царапания инициирующего состава они могут взорваться.

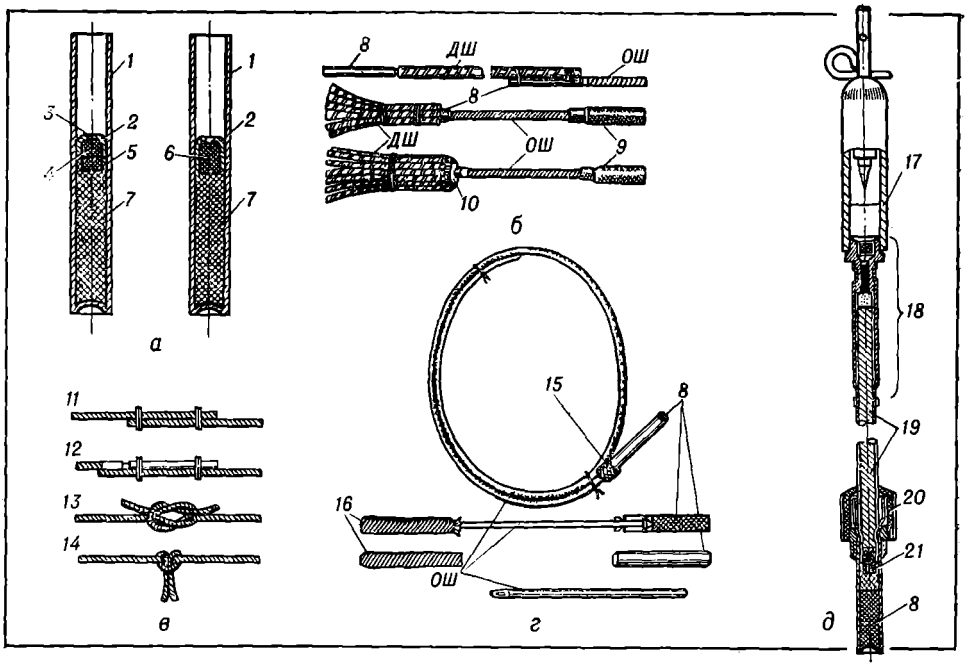


Рис. IV.3. Принадлежности для огневого способа взрывания:

а — капсюли-детонаторы: *б* — способы взрывания детонирующего шнура; *в* — сростки детонирующего шнура; *г* — зажигательная трубка, изготовляемая на месте работ; *д* — стандартная зажигательная трубка заводского изготовления; *1* — гильза; *2* — чашечка; *3* — сетка; *4* — ТНРС; *5* — азид свинца; *6* — гремучая ртуть; *7* — тетрил (либо ТЭН, либо гексоген); *8* — капсюли-детонаторы; *9* — фитиль; *10* — буровая шашка; *11* — сросток внакладку; *12* — то же, внакладку с капсюлем-детонатором; *13* — то же, прямым (морским) узлом; *14* — то же, двойной петлей; *15* — изоляционная лента; *16* — тлеющие фитили; *17* — ударный механизм; *18* — воспламенитель огнепроводного шнура; *19* — огнепроводный шнур; *20* — пластмассовый втулкодержатель; *21* — пороховая петарда.

Огнепроводный шнур (ОШ) предназначен для воспламенения капсюлей-детонаторов. Он состоит из пороховой сердцевины с одной направляющей нитью и ряда внутренних и наружных оплеток, покрытых водонепроницаемым составом. Скорость горения ОШ составляет примерно 1 *см/сек*.

Детонирующим шнуром (ДШ) можно одновременно взрывать несколько зарядов. Он имеет сердцевину из бризантного ВВ (ТЭНа или гексогена) с двумя направляющими нитями и ряд внутренних и внешних оплеток, покрытых влагоизолирующей оболочкой.

Если концов ДШ не более шести, их взрывают зажигательной трубкой, а большее их количество — тротиловой шашкой (рис. IV.3, *б*).

Сростки детонирующего шнура изображены на рис. IV.3, *в*.

Воспламенительный (тлеющий) фитиль представляет собой пучок хлопчатобумажных или льняных нитей, пропитанных калиевой селитрой и сплетенных в шнур диаметром 6—8 *мм* с цветной нитяной оплеткой. Его применяют для зажигания огнепроводного шнура. Скорость горения шнура 1 *см* в 1—3 *мин*.

Механический и терочный воспламенители также применяют для воспламенения огнепроводного шнура.

Механический воспламенитель состоит из ударного механизма (рис. IV.3,*д*, *17*) и собственно воспламенителя (рис. IV.3,*д*, *18*). При выдергивании чеки ударник под действием пружины накалывает капсюль-воспламенитель, от пламени которого загорается пороховой столбик; последний, в свою очередь, зажигает огнепроводный шнур.

Терочный воспламенитель представляет собой корпус, в который заключен колпачок с терочным составом и

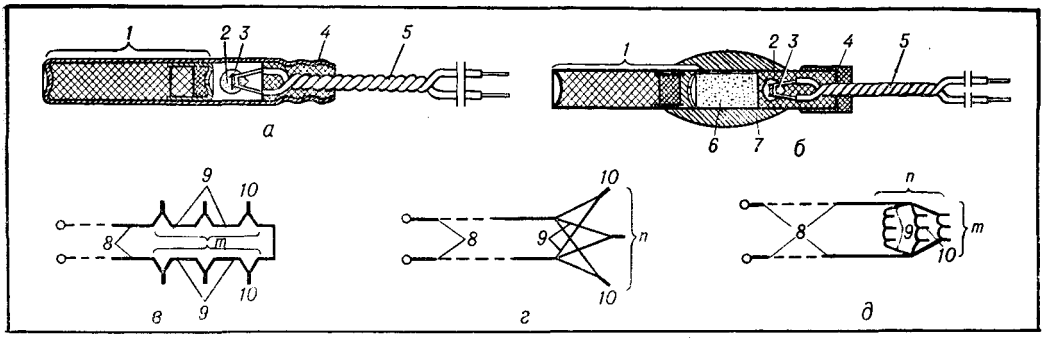


Рис. IV.4. Электродетонаторы и схемы электровзрывных сетей:

а — электродетонатор мгновенного действия; *б* — то же, замедленного действия; *в* — последовательное соединение электродетонаторов; *г* — то же, параллельно-пучковое; *д* — то же, смешанное; *1* — капсюль-детонатор; *2* — воспламенительный состав; *3* — платино-иридиевый мостик; *4* — пластикатовая пробка; *5* — провода; *6* — замедлитель; *7* — мастика; *8* — магистральные провода; *9* — участковые провода; *10* — электродетонаторы; (*n* — число ветвей; *m* — число последовательно соединенных электродетонаторов).

пропущенной через него проволочной теркой. При резком выдергивании проволочной терки за выжимное кольцо терочный состав воспламеняется и поджигает введенный в корпус и закрепленный в нем огнепроводный шнур.

З а ж и г а т е л ь н а я с т а н д а р т н а я т р у б к а (рис. IV.3, *д*) служит для взрывания зарядов. Она состоит из капсюля-детонатора, отрезка огнепроводного шнура и терочного или механического воспламенителя.

Зажигательные трубки можно изготовлять и на месте работ (рис. IV.3,*г*). Чтобы поджечь такую трубку, свободный конец ОШ обрезают наискось.

Обращаться с зажигательными трубками следует с такой же осторожностью, как и с капсюлями-детонаторами.

Электрический способ взрывания применяют, когда надо одновременно взорвать большое число зарядов. Для производства взрыва нужны электродетонаторы, провода, источники тока, проверочные и измерительные приборы.

Все э л е к т р о д е т о н а т о р ы предназначаются для взрывания зарядов как в воздухе, так и под водой. В воде они сохраняют боеспособность до 10 суток.

Электродетонатор мгновенного действия (рис. IV.4,*а*) состоит из капсюля-детонатора и электровоспламенителя, собранных в общей гильзе.

Электродетонатор замедленного действия (рис. IV.4,*б*) имеет замедлитель, помещенный между воспламенительным составом и инициирующим зарядом капсюля-детонатора. Время горения замедлителя тем продолжительнее, чем длиннее столбик горючего состава.

Основным видом п р о в о д о в, применяемых при подрывных работах, является саперный с медной жилой, покрытый изоляцией. При отсутствии саперного провода можно применять телефонные кабели связи, электроосветительные провода и другие, предварительно измерив сопротивление их жилы, а при работах в сырых местах и под водой — сопротивление не только жилы, но и изоляции.

И с т о ч н и к а м и т о к а при электрическом способе взрывания могут быть подрывные машинки, сухие батареи и элементы, щелочные и кислотные аккумуляторы, а также передвижные силовые и осветительные электростанции и стационарные электроосветительные сети.

Подрывные машинки — динамоэлектрические и конденсаторные — весьма удобные переносные источники тока. Но их основной недостаток — невозможность подать в сеть ток большой силы. Поэтому подрывные машинки используют лишь при последовательном соединении электродетонаторов.

При использовании *сухих элементов* и *сухих анодных батарей* следует учитывать, что понижение температуры вызывает в них падение напряжения, которое при известном температурном пределе может дойти до нуля. Поэтому зимой

их нужно утеплять войлоком, тканью и т. п.

Аккумуляторные батареи (щелочные или кислотные) перед применением проверяют под нагрузкой. В зимнее время их также утепляют. *Передвижные и стационарные электростанции* дают возможность взрывать значительные группы электродетонаторов, соединенных последовательно, параллельно или по смешанной схеме.

При взрывании зарядов ВВ электрическим способом применяют такие проверочные и измерительные приборы: пульт для проверки исправности подрывных машинок, линейный мост, малый омметр и пробник электрических батарей (ПЭБ).

Для производства взрыва электрическим способом прокладывают электровзрывные сети. Провода, идущие от источника тока к месту расположения зарядов, называются *магистральными*, а расположенные между зарядами и соединяющие электродетонаторы между собой,— *участковыми*.

При составлении электровзрывных сетей применяют следующие *схемы соединения* электродетонаторов: последовательную, параллельную и смешанную (рис. IV.4,*в*,*г*,*д*,). *Последовательное соединение* (рис. IV.4,*в*) целесообразно, когда источники тока развивают большое напряжение при незначительной силе тока, *параллельное* (рис. IV. 4,*г*) — при источниках тока низкого напряжения (аккумуляторах), обеспечивающих ток достаточной силы, а *смешанное* (рис. IV.4, *д*) — при источниках, развивающих достаточно высокое напряжение и силу тока (например, передвижных электрических станциях).

В одной последовательной сети нельзя применять электродетонаторы разных типов и партий.

Перед выполнением работ по изготовлению электровзрывной сети при любой схеме соединения электродетонаторов производят расчет: определяют общее сопротивление сети, а также требуемые напряжение и силу тока, которые должен обеспечить выбираемый источник электроэнергии.

Глава 3

ПОДРЫВАНИЕ ГРУНТА И СКАЛЬНЫХ ПОРОД

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Грунты и скальные породы подрывают, когда нужно устраивать выемки, траншеи и котлованы, земляные плотины, шахты, галереи и другие инженерные и подземные сооружения, а также при рыхлении мерзлых и крепких грунтов. Для этого применяют заряды выброса, рыхления и камуфлеты (заряды для образования пустот). Все эти виды зарядов на практике называют *горнами*.

По форме заряды всех перечисленных видов бывают *сосредоточенными* и *удлиненными*. Удлиненные заряды располагают по отношению к свободной поверхности подрываемого массива грунта (породы) параллельно или под углом.

Наиболее сильное разрушительное и метательное действие взрыва заряда ВВ, помещенного в грунт или скальную породу, наблюдается в направлении ближайшей к заряду свободной поверхности. В этом направлении подрываемый грунт (порода) оказывает наименьшее сопротивление действию взрыва.

§ 2. РАСЧЕТ ЗАРЯДОВ

Разрушительное действие взрыва заряда, заложенного в грунт или в скальную породу, характеризуется ***показате-***

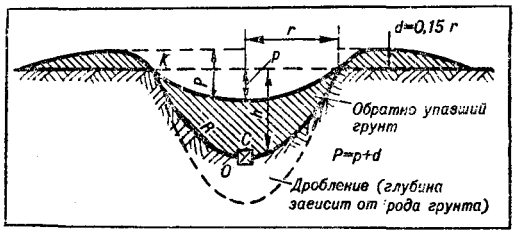


Рис. IV.5. Элементы воронки:

r — радиус воронки; d — высота гребня воронки; p — видимая глубина воронки; P — общая глубина воронки, считая высоту гребня (валика); R — радиус взрыва (разрушения); C — масса заряда; h — глубина заложения заряда (или линия наименьшего сопротивления — ЛНС).

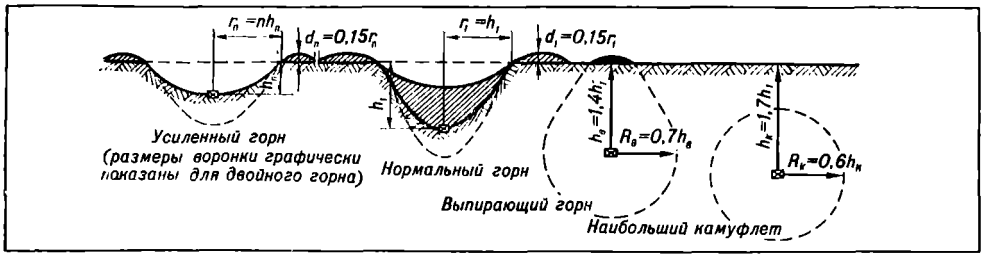


Рис. IV.6. Эффект зарядов выброса (в целях сравнения приводится для зарядов одной и той же массы).

лем действия взрыва n, представляющим собой отношение радиуса воронки r к линии наименьшего сопротивления h, т. е. $n = \frac{r}{h}$ (рис. IV.5).

Линией наименьшего сопротивления (ЛНС) называется расстояние от центра заряда до ближайшей к нему свободной поверхности.

Эффект наружного действия заряда выброса (горна) характеризуется радиусом воронки r, измеряемым в плоскости поверхности грунта, и видимой глубиной воронки p (от поверхности грунта до дна воронки).

Расстояние от центра заряда до какой-нибудь точки края воронки называется ***радиусом взрыва R*** (линия OK на рис. IV.5).

На практике в зависимости от величины n различают следующие виды горнов: *нормальный*, когда $n = 1$; *усиленный* ($n > 1$); *выпирающий*, когда наружное действие выражается лишь в некотором выпучивании поверхности грунта; *камуфлет*, при котором наружное действие на поверхности грунта вовсе не проявляется (рис. IV.6) и показатель действия взрыва имеет нулевое значение ($n = 0$).

Для наиболее экономного расходования ВВ при расчете зарядов выброса целесообразно принимать для сосредоточенных зарядов $n = 1{,}5 \div 3$ (наивыгоднейшее значение $n \approx 2{,}5$); для удлиненных зарядов $n \approx 2{,}5 \div 3{,}5$ (наивыгоднейшее значение $n \approx 2{,}7$). Массу зарядов ВВ определяют по формулам М. М. Борескова или О. Е. Власова. (Формула М. М. Борескова имеет пределы применения для $n = 1 \div 3$).

$$C = Kh^3(0{,}4 + 0{,}6\ n^3), \qquad \text{(IV.1)}$$

где C — масса заряда ВВ, *кг*; K — коэффициент, зависящий от свойств грунта и применяемого ВВ; h — линия наименьшего сопротивления, *м*; n — показатель действия взрыва.

Формула О. Е. Власова для нормального и усиленного горнов не связана указанными узкими пределами:

$$C = Abr^3, \qquad \text{(IV.2)}$$

где A — коэффициент, зависящий от свойств грунта или взрываемого материала; b — коэффициент, зависящий от показателя горна; r — радиус воронки, *м*.

§ 3. ВЗРЫВАНИЕ НА ВЫБРОС

Для образования воронок, котлованов, траншей или устройства насыпей, дамб, выемок и других инженерных сооружений, а также при расчистке и углублении рек применяют подрывание грунтов (пород) на выброс. В зависимости от размеров и конфигурации (в плане) проектируемых выемок взрывают одиночные сосредоточенные или удлиненные заряды либо производят одновременный взрыв группы сосредоточенных зарядов, расположенных в один или несколько параллельных рядов (рис. IV.7, *а*, *б*, *в*).

Если нужно получить ров или траншею треугольного сечения, прибегают к однорядному взрыванию сближенных зарядов (рис. IV.7, *а*). Чтобы получить выемку трапециевидного сечения, заряды располагают в два или три ряда (рис. IV.7, *б*, *в*). Большее число рядов не рекомендуется, так как в этом случае значительное количество грунта падает обратно в выемку. При трех рядах

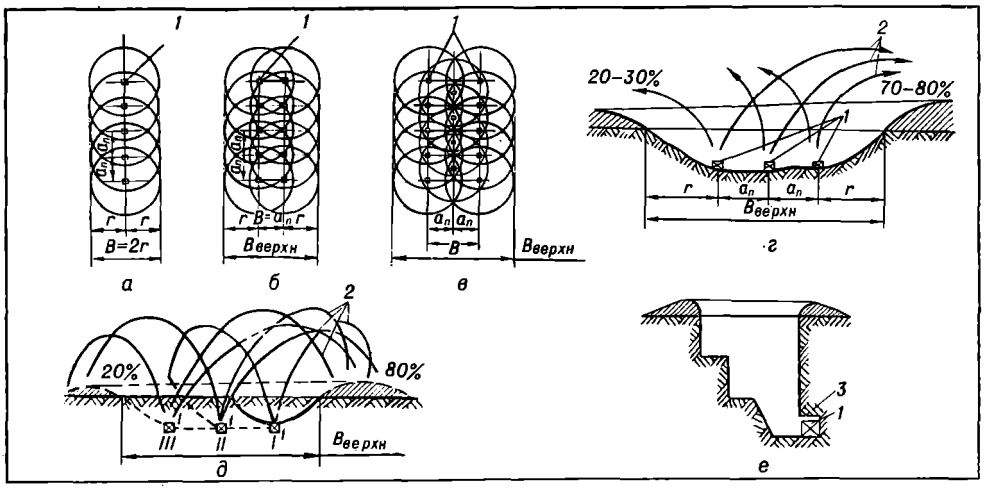


Рис. IV.7. Схемы расположения сосредоточенных зарядов на выброс:

а — взрывание однорядное; *б* — то же, двухрядное; *в* — то же, трехрядное; *г* — расположение зарядов для направленного выброса грунта при одновременном взрывании; *д* — то же, при разновременном; *е* — шурф (колодец) для закладки сосредоточенного заряда в грунт; *1* — заряды; *2* — направление выброса основной массы грунта; *3* — зарядная камера (*I*, *II*, *III* — последовательность взрывания зарядов).

для среднего ряда заряды берут с увеличенным показателем действия взрыва *n* на 0,25—0,5 и больше, чем для крайних рядов.

В последнее время широко применяют направленный выброс грунта для сооружения земляных валов, перемычек и плотин. Осуществляют это одним из следующих способов:

одновременным взрывом зарядов, расположенных в два-три ряда, перпендикулярных к направлению выброса (рис. IV.7,*г*). При этом заряды каждого последующего ряда, считая в сторону, противоположную выбросу, должны иметь показатель действия взрыва *n* на 0,5 больше показателя, принятого для зарядов предыдущего ряда;

разновременным взрывом зарядов, рассчитанных при одинаковом значении *n* и расположенных в несколько рядов. Как в предыдущем случае, взрыв каждого последующего ряда зарядов производится с замедлением в 2—4 *сек* по отношению к взрыву зарядов предыдущего ряда (рис. IV.7,*д*).

Для сосредоточенных зарядов в грунте устраивают колодцы (шурфы) и скважины. На уровне дна каждого колодца, в его боковой стенке, отрывают камеру *3*, в которую помещают заряд *1* (рис. IV.7,*е*). Размер камеры должен соответствовать размерам заряда. Установив в заряд капсюль-детонатор или электродетонатор, шурф засыпают, следя за сохранностью всех элементов взрывной сети. Насыпной грунт над зарядом начинают трамбовать только после укладки слоя толщиной не менее 0,5 *м*.

Для больших зарядов в глубоких шурфах трудно сделать одну большую кубическую камеру, поэтому устраивают несколько камер в виде параллелепипедов, Т-образной формы и др. (рис. IV.8, *ж*).

§ 4. ВЗРЫВАНИЕ НА РЫХЛЕНИЕ

Для дробления твердых и мерзлых грунтов при разработке их машинами производят взрывание на рыхление, применяя следующие методы: шпуровой и его разновидности; котловых зарядов; зарядов в рукавах; скважинных или камерных зарядов.

Шпуровой метод (рис. IV.8,*а*) применяют на открытых и подземных разработках.

Шпуры заряжают тротиловыми шашками, патронами из гигроскопических

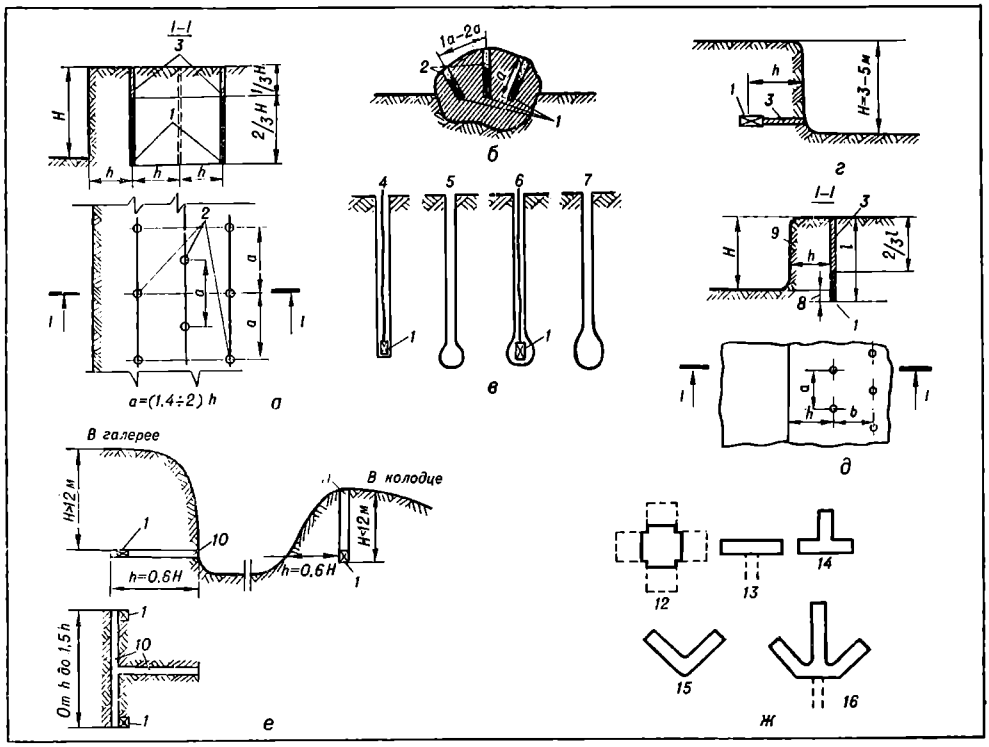


Рис. IV.8. Схемы расположения зарядов на рыхление:

а — расположение шпуровых зарядов в массиве разрабатываемой породы; *б* — то же, при дроблении крупного камня; *в* — последовательность устройства зарядной камеры (котла) в шпуре; *г* — расположение малокамерных зарядов в конце рукавов; *д* — то же, скважинных (колонковых) зарядов; *е* — то же, камерных зарядов; *ж* — форма зарядных камер (в плане); *1* — заряды; *2* — шпуры; *3* — забивка; *4* — заряд для первого простреливания; *5* — результат первого простреливания; *6* — заряд для второго простреливания; *7* — результат второго простреливания; *8* — перебур; *9* — забой; *10* — галерея; *11* — колодец; *12* — крестообразная камера; *13* — то же, в форме параллелепипеда; *14* — то же, Т-образная; *15* — то же, V-образная; *16* — то же, в форме трезубца.

или порошкообразных ВВ. При заряжении шпуров тротиловыми шашками или патронами последние досылают с помощью деревянных пробойников. Порошкообразными ВВ шпуры заряжают, засыпая их порциями по 150—200 *г* совком через воронку из оцинкованной стали. После засыпки каждой порции ВВ заряд слегка уплотняют пробойником. При зарядке шпура порошкообразными ВВ запальную шашку вводят в шпур после засыпки 80—85% заряда.

Заряд ВВ в шпуре должен занимать не больше 2/3 его длины, верхнюю треть шпура заполняют забивкой. Шпуры забивают сначала пластичной песчаноглинистой смесью, затем песком или буровой мукой. Влажные шпуры, заряженные негигроскопическими ВВ, вместо забивки можно заливать водой.

Каждый ряд шпуровых зарядов взрывают одновременно электрическим способом либо с помощью детонирующего шнура: сначала взрывают ближайший к забою ряд, потом следующий за ним и т. д. При наличии электродетонаторов замедленного действия заданная последовательность взрывания рядов обеспечивается различным замедлением в рядах.

Для дробления отдельных камней (рис. IV.8,*б*) целесообразно применять шпуры небольшого диаметра (25—30 *мм*), которые бурят на длину *а*, равную 0,5—0,75 высоты камня. Расстояния между шпурами принимают равны-

ми 1—2 длинам шпура. Все заряды в шпурах взрывают одновременно.

Метод котловых зарядов применяют в тех случаях, когда заряд ВВ не вмещается в обычном шпуре. При этом устраивают камеру (котел) на дне шпура, подрывая несколько опущенных небольших зарядов (рис. IV.8,*в*). После первого прострела обычного шпура на дне образуется небольшой котел. Затем производят второй прострел, третий и так далее, пока не будет получен котел требуемого объема.

Метод котловых зарядов значительно производительнее шпурового: он обеспечивает большой объем взрываемой породы и уменьшение дорогостоящих буровых работ.

Метод малокамерных зарядов (зарядов в рукавах) применяют при высоте забоя менее 6 *м*, преимущественно в нескальных грунтах (рис. IV.8,*г*). Длина рукава должна составлять $^2/_3$ высоты забоя, но не более 6 *м*, а расстояние между рукавами, в зависимости от размеров кусков породы,— от 0,8 до 1,5 *h*. Заряд ВВ закладывают в рукав на поддоне. Забивку рукавов нужно выполнять тщательно.

Метод скважинных (колонковых) **зарядов** состоит в том, что вдоль фронта высокого уступа выбуривают ряд глубоких скважин (длиной 10—30 *м*) большого диаметра (до 200 *мм* и более). Скважины устраивают ниже подошвы забоя (перебур) на глубину от 1 до 2 *м* (рис. IV. 8,*д*) и заряжают сплошными или сосредоточенными зарядами по всей высоте, за исключением самой верхней части, в которой размещается забивка. Забивочный материал для скважин должен быть сыпучим и мелким.

Расстояние скважины от забоя, т. е. ЛНС, зависит от высоты забоя H и принимается от 0,5 H (при $H = 10$ *м*) до 0,25 H (при $H = 25$ *м*). Расстояние между скважинами $a = 0{,}7 \div 0{,}9h$, а между рядами скважин $b = 0{,}7 \div 0{,}8h$.

Скважинные заряды взрывают электрическим способом, причем сеть обязательно дублируют. Взрывать можно без замедления и с замедлением. Рационально выбранные интервалы замедления обеспечивают лучшее дробление породы, резко снижают удельный расход ВВ и сейсмичность взрыва.

Применение метода скважинных зарядов благодаря большому объему взрываемой породы, приходящемуся на 1 *м* скважины, позволяет значительно снизить расходы на бурение.

Метод камерных зарядов применяют для массовых взрывов на выброс или обрушение при разработке котлованов или каналов значительных размеров. Он заключается в том, что в разрабатываемой породе делают вертикальные колодцы (шурфы) или горизонтальные галереи (штольни), из которых в боковых направлениях устраивают большие зарядные, или минные, камеры для размещения крупных сосредоточенных зарядов (рис. IV.8,*е*). Колодцы и штольни крепят рамами и досками.

Взрывчатое вещество размещают в камерах россыпью или в заводской упаковке. Во избежание слеживаемости порошкообразных зарядов ВВ в минных камерах устраивают отсеки из деревянных ящиков. В целях обеспечения полного и безотказного взрывания больших зарядов на каждую упаковку ВВ закладывают отдельный промежуточный детонатор, состоящий из двух-трех больших шашек тротила или связки из нескольких капсюлей-детонаторов, помещенных в сухой аммонит. Колодцы и штольни забивают грунтом, в процессе забивки периодически проверяя исправность электровзрывной сети.

Формы зарядных камер показаны на рис. IV.8, *ж*.

§ 5. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

Руководство взрывными работами возлагается приказом на лиц, имеющих специальную подготовку, дающую право ведения горных или взрывных работ, и несущих ответственность за них. Производить взрывные работы могут лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие «Единую книжку подрывника».

Зону взрывных работ ограждают; на ней устанавливают плакаты, преду-

преждающие об опасности. Всех работающих в опасной зоне инструктируют о порядке ведения взрывных работ и обучают принятой системе сигнализации.

При подрывании грунтов и скальных пород предпринимают следующее:

магистральные провода к группам зарядов подводят со слабиной во избежание выдергивания электродетонаторов при подсоединении участковых проводов;

шпуры и скважины, прежде чем вводить в них заряды ВВ, тщательно прочищают; в расчетах учитывают, что при сильном ветре дальность разлета крупных кусков грунта в направлении ветра увеличивается на 20—50%.

При прекращении работ неизрасходованные ВВ и средства взрывания сдают на расходный склад, а средства, не пригодные для дальнейшего использования, уничтожают.

РАЗДЕЛ V

УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ *

Глава 1

УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ

§ 1. УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ

Подготовка оснований под фундаменты состоит из ряда процессов, цель которых — обеспечить на заданной отметке контакт основания с подошвой фундамента по всей его поверхности и довести несущую способность грунта основания до проектной.

Основными процессами при подготовке основания являются подчистка дна котлованов и траншей, уплотнение основания и (при необходимости) увлажнение или осушение грунта в ходе его уплотнения.

Подчистку дна котлованов выполняют по всей их площади бульдозером, который вслед за экскаватором срезает оставленный (не добранный) им грунт. Дно траншей подчищают вручную небольшими участками непосредственно перед укладкой фундаментов.

Поверхность основания выверяют визированием. Оси стен и углы на их пересечениях фиксируют колышками, отметку верха которых определяют по нивелиру. Грунт, находящийся выше поверхности колышка, при подчистке срезают вручную. Ведя механизированную подчистку в котлованах, грунт срезают ниже проектной отметки и подсыпают до верха колышков песком. При этом почти полностью исключается ручной труд и значительно улучшается контакт фундаментов с основанием.

Если основание сформировано из слабых естественных или насыпных грунтов, во многих случаях проектом предусматривают увеличение их несущей способности поверхностным (на глубину 1,5—2 *м*) или глубинным (более 2 *м*) уплотнением.

Поверхностное уплотнение грунтов в котлованах выполняют т я ж е л ы м и (гладкими) или к у л а ч к о в ы м и к а т к а м и, которые после многократной проходки по одному следу уплотняют слой глубиной до 0,5 *м*.

Аналогичные результаты дают пневматические и дизельные п р ы г а ю щ и е т р а м б о в к и. Тяжелые трамбовки (массой более 1 *т*) уплотняют грунт на глубину до 1,5—2,5 *м*. Их поднимают самоходным краном с фрикционными лебедками и бросают с высоты 3—4 *м*. Трамбование выполняют по участкам последовательными ударами, распределяя их равномерно по поверхности поперечной полосы участка. Ширина обрабатываемых участков не должна превышать двух радиусов действия крана, чтобы исключить лишние его передвижки.

Обработку очередного участка начинают после окончания уплотнения предыдущего. Первые удары трамбовки вызывают быстрое понижение поверхности грунта. В дальнейшем понижение замедляется — процесс уплотнения затухает — и, наконец, наступает момент, когда уплотненное ядро после каждого

* В этот раздел не включено описание технологии устройства монолитных (каменных и бетонных) и сборных железобетонных фундаментов. Технология этих работ аналогична технологии возведения наземных конструкций из тех же материалов и поэтому отнесена к разделам VI и VII.

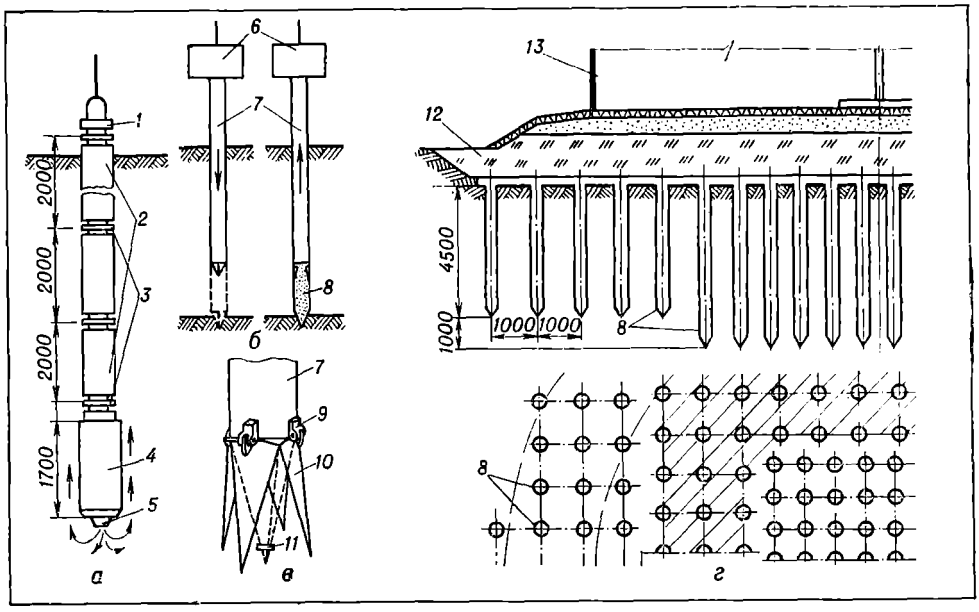


Рис. V.1. Глубинное уплотнение грунтов основания:

а — уплотнение гидровибратором; *б* — укрепление песчаными сваями; *в* — раскрывающийся башмак инвентарной сваи; *г* — пример размещения песчаных свай в основании резервуара; *1* — подвеска; *2* — звенья направляющей штанги; *3* — эластичные муфты; *4* — виброголовка; *5* — сопло для подачи в грунт воды; *6* — вибропогружатели; *7* — инвентарные трубчатые сваи; *8* — набивные песчаные сваи; *9* — шарнир; *10* — створка башмака; *11* — кольцо, фиксирующее створки в закрытом положении в период погружения; *12* — песчаная подушка; *13* — резервуар.

удара опускается на одну и ту же величину. Такое явление называют ***отказом.*** Достигнув отказа, трамбование прекращают, так как оно уже не приводит к увеличению уплотненного ядра, а только перемещает ядро вглубь, что происходит в результате выпирания соседних частиц неуплотненного грунта в стороны.

Недостатком этого метода трамбования является быстрый износ механизма лебедки и тросов.

Песчаные и крупнообломочные породы уплотняют в и б р и р о в а н и е м. Обычные виброплиты дают уплотнение на глубину до 0,5 *м*, тяжелые самоходные — до 1 *м*. Эффективность и качество поверхностного уплотнения зависят от влажности грунта. Переувлажненные грунты от ударов разжижаются и налипают на трамбовку. В таких случаях поверхность грунта перед трамбованием покрывают слоем кирпичного щебня, известняка или сухого грунта толщиной до 10 *см* либо трамбуют после просыхания. При недостатке влаги поверхность основания за сутки до уплотнения заливают водой.

При разработке котлованов следует учитывать, что в результате уплотнения поверхность дна заметно понижается. Обязательное удаление разрушенного трамбованием слоя грунта толщиной 10—15 *см* также приводит к углублению котлована. Поэтому, если основание предполагается уплотнить, выемку разрабатывают, учитывая величину осадки грунта (ее устанавливают пробным трамбованием) и толщину удаляемого слоя.

Глубинное уплотнение грунтов также выполняют в и б р и р о в а н и е м. Сначала грунт увлажняют до насыщения, погружая на глубину 2—2,5 *м* трубчатую перфорированную иглу диаметром 19—25 *мм*, через которую подают воду. Для насыщения 1 $м^3$ песка, например, требуется 50—70 *л* воды. Подачу воды начинают в момент погружения иглы. Вслед за иглой рядом с ней в грунт погружают *вибробулаву*.

Вибрация на заданной глубине длится 20—30 *сек*. По окончании уплотнения иглу и затем вибробулаву извлекают, не прекращая подачи воды. Весь цикл одного погружения продолжается 2—3 *мин*. Места погружения иглы располагают в шахматном порядке на расстоянии 0,8—1 *м*. Под действием вибрации тяжелые зерна грунта перемещаются вниз и происходит уплотнение грунта.

Гидровибратором на длинной штанге (рис. V.1,*а*), который переставляют краном, можно уплотнять песчаные грунты на глубину 6—7 *м*.

Слабые глинистые и заиленные грунты уплотняют песчаными или грунтовыми сваями. Их устраивают с помощью инвентарной сваи-оболочки из цельнотянутой толстостенной трубы диаметром 400—500 *мм* с раскрывающимся башмаком (рис. V.1, *б—в*) или съемным (теряемым) башмаком (см. рис. V. 9,*в*).

Инвентарную оболочку погружают копром, оборудованным дизельным или пневматическим молотом, либо самоходным краном с вибратором. Места погружения размечают на расстоянии, определяемом расчетом (рис. V.1, *г*). Погружаясь, наконечник сваи раздвигает и уплотняет грунт. Погруженную в грунт оболочку заполняют песком или местным перемятым грунтом с послойным трамбованием. По мере заполнения оболочки ее извлекают. При этом трамбуемый грунт раздвигает створки башмака, а фиксирующее кольцо (или съемный — теряемый — башмак) остается в грунте. Таким способом удается ликвидировать просадочность лессовых грунтов только на глубину, прорезанную сваями. Нижележащий массив лесса при этом не уплотняется, что является недостатком этого способа.

После глубинного производят поверхностное уплотнение, а затем подчищают дно котлована и поверхность основания, как описано на с. 103.

§ 2. УСТРОЙСТВО ПОДУШЕК

Песчаные и щебеночные (или гравийные) подушки предназначены для распределения давления от фундамента на бо́льшую площадь либо для замены слоя слабого грунта под фундаментом.

В состав работ по устройству подушек входят транспортирование и разгрузка материала, его разравнивание, увлажнение, уплотнение и выравнивание поверхности по заданной отметке.

В большие котлованы, оборудованные въездными траншеями, песок или щебень доставляют самосвалами и разгружают на дно. Если подушку отсыпают в сухом котловане, разгруженный материал разравнивают бульдозером слоями толщиной 20 *см*. Каждый слой увлажняют и уплотняют поверхностными вибраторами или механическими трамбовками.

Число и толщину слоев рассчитывают так, чтобы после уплотнения верх подушки совпал с проектной отметкой. Уплотненную поверхность песчаной подушки зачищают. Поверхность гравийной или щебеночной подушки смачивают и покрывают стяжкой из цементного раствора, выравнивая его под рейку.

В случае замены грунта при высоком уровне грунтовых вод нижнюю часть подушки отсыпают в воду сразу на всю глубину, начиная со стороны въезда. Материал, доставляемый самосвалами, разгружают на урезе воды и бульдозером сталкивают в воду. При этом откос насыпи под водой продвигается вперед. Отсыпку ведут полосами поперек котлована по всей ширине его дна. В этих условиях песчаные подушки уплотняют глубинными вибраторами, а щебеночные или гравийные — поверхностными вибраторами или механическими трамбовками.

§ 3. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ

Несущую способность слабых грунтов и трещиноватых горных пород можно увеличить методами искусственного закрепления, к которым относятся: силикатизация, смолизация, термическое закрепление и цементация.

Силикатизация и смолизация сходны по технологии, предусматривающей расчистку участков закрепления, погружение инъекторов, приготовление и нагнетание растворов, извлечение инъекторов, тампонаж скважин. На глубину до 30 *м* грунты закрепляют с помощью

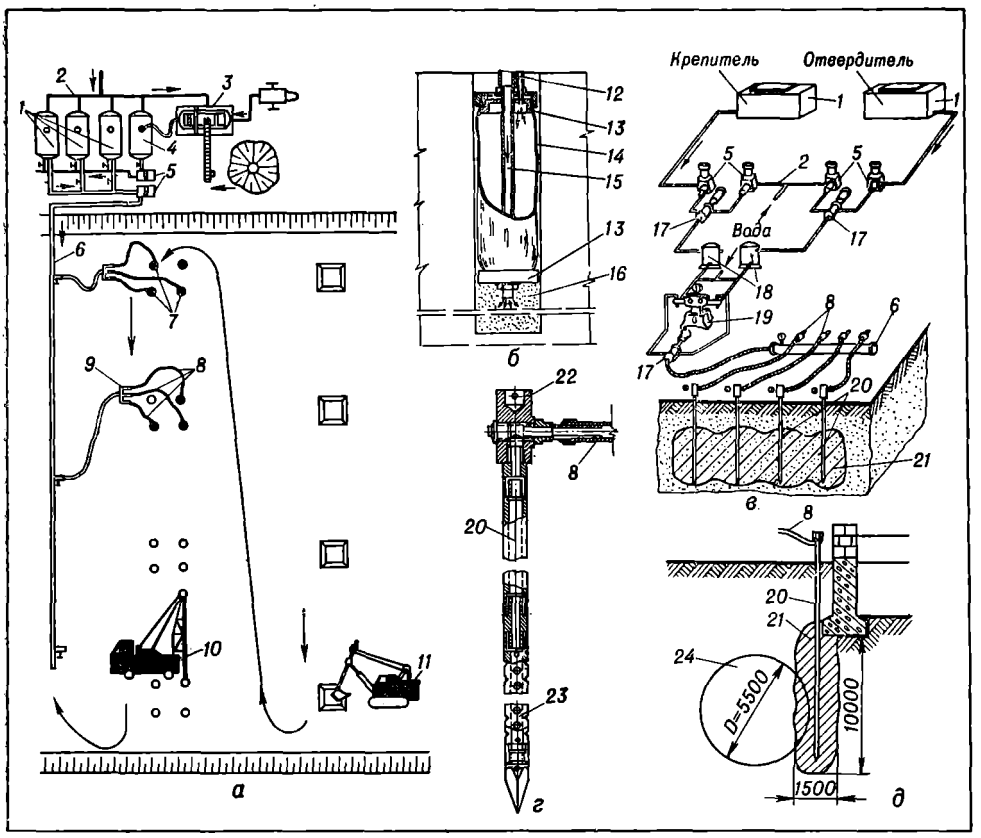


Рис V.2. Химическое укрепление грунтов:

а — схема производства работ по силикатизации лессовых грунтов (перемещение машин указано длинными стрелками); *б* — схема тампонирования скважины инъектором; *в* — технологическая схема размещения оборудования для химического укрепления грунтов; *г* — забивной инъектор; *д* — схема химического укрепления основания существующего фундамента при проходке тоннеля метро; *1* — емкости для раствора; *2* — сеть водопровода; *3* — автоклав; *4* — цистерна для жидкого стекла; *5* — насосы; *6* — магистральный растворовод; *7* — тампонируемые скважины; *8* — гибкие шланги; *9* — пульт управления процессом нагнетания; *10* — буровая установка; *11* — экскаватор; *12* — шланг для подачи сжатого воздуха; *13* — верхний и нижний фланцы; *14* — резиновый чехол тампона; *15* — труба для подачи раствора; *16* — изолированная полость скважины; *17* — смесители непрерывного действия; *18* — накопительные баки; *19* — дозатор; *20* — забивной инъектор; *21* — массив укрепляемого грунта; *22* — наголовник; *23* — перфорированное звено инъектора; *24* — будущий тоннель метро.

инъекторов-тампонов, погружаемых в предварительно пробуренные скважины, а на глубину до 7 *м* — инъекторами-иглами, которые можно забивать в грунт.

В первом случае установки шнекового бурения готовят скважины диаметром 60—120 *мм*. В них погружают *инъекторы-тампоны* на заданную глубину. Приготовленный в специальной установке (рис. V.2,*а*) закрепляющий раствор по разводящей системе нагнетают в инъекторы. Закрепление производят заходками высотой $h = 3 \div 8$ *м*, начиная с нижней. Резиновый чехол тампона инъектора (рис. V.2,*б*), поддутый сжатым воздухом, предотвращает выход раствора в верхние заходки.

После насыщения первой заходки до заданного радиуса инъекции — *r*, *м*, инъектор поднимают на вышележащую заходку, опять поддувают манжет и подают раствор в ненасыщенный грунт очередной заходки. Продолжительность нагнетания раствора на каждой заходке одной скважины определяют по формуле

$$T = 1{,}67 \frac{r^2 h}{Q_п} \text{ мин}, \qquad (V.1)$$

где $Q_п$ — объем раствора, подаваемый в скважину, *м³/мин*.

Забивной инъектор представляет собой стальную толстостенную трубу с заостренным наконечником, перфорированную в нижней части на высоту 0,5—1,5 *м* (рис. V.2,*г*). Инъекторы забивают пневматическими молотками массой до 30 *кг* или подвесным молотом на механическом копре. Применять для этой цели вибраторы не разрешается. Извлекают инъекторы лебедкой с помощью копра или 10-тонным домкратом.

Грунт закрепляют заходками — вертикальными зонами, равными длине перфорированной части трубы плюс 0,5 радиуса закрепления. Для нагнетания раствора используют гидравлические насосы производительностью до 0,01 *м³/мин*, создающие давление до 1,5 *Мн/м²* (15 *ати*).

Лессовидные грунты закрепляют только раствором силиката натрия. При его взаимодействии с солями кальция, содержащимися в лессах, образуется гель кремневой кислоты, который цементирует частицы лесса, превращая их в камневидную массу. Этот способ называется однорастворной силикатизацией.

В песках (сухих, а также водонасыщенных) с высоким коэффициентом фильтрации применяют метод двухрастворной силикатизации (рис. V.2, *в*, *г*): сперва на каждой заходке под давлением до 0,5 *Мн/м²* (5 *ати*) нагнетают раствор силиката натрия (жидкого стекла), затем — хлорида кальция. Первый раствор — силикат натрия — нагнетают на каждой заходке при забивании инъекторов, второй — хлористый кальций — при извлечении их из грунта. Нагнетание производят медленно (2—5 *л/мин*), чтобы обеспечить равномерное впитывание растворов в грунт по всей зоне закрепления.

Пылеватые пески (сухие и водонасыщенные) закрепляют гелеобразующей смесью растворов силиката натрия и фосфорной кислоты.

Для закрепления мелких песков применяют также водный раствор карбамидной смолы в смеси с раствором соляной кислоты. Такую смесь составляют непосредственно перед нагнетанием в инъекторы. Способ этот называют **смолизацией.**

Описанные два способа химического закрепления грунтов широко применяют для укрепления оснований фундаментов существующих сооружений (рис. V. 2,*д*). Во всех случаях при перерывах в работе инъекторы следует извлечь и промыть горячей водой. Насосы и подающие трубы также промывают.

По окончании закрепления грунта все скважины тампонируют глиной или местным перемятым грунтом.

Термический способ применяют только для закрепления лессовидных и пористых суглинистых грунтов в случаях залегания их выше уровня грунтовых вод.

Термическое закрепление является результатом сжигания топлива (газообразного, жидкого, сжиженных газов) непосредственно в скважинах, пробуренных на всю глубину закрепляемого грунта (рис. V.3). Сжигают топливо при избыточном давлении нагнетаемого воздуха до 0,115—0,15 *Мн/м²* (1,15—1,5 *ати*). Закрепление грунта в скважине происходит под действием пламени, а в теле массива — от раскаленных газов, проникающих сквозь поры грунта. В результате вокруг скважины образуется столб обожженного грунта, диаметр которого зависит от продолжительности обжига и количества топлива: за 10—20 суток он может быть доведен до 4—8 *м* при расходе жидкого топлива 80—120 *кг* на 1 *м* скважины и сжатого воздуха до 30—40 *м³* на 1 *т* топлива.

Этим способом можно закрепить грунты и устранить их просадочность на глубину до 15 *м*, доведя прочность в среднем до 0,6—1 *Мн/м²* (6—10 *кгс/см²*).

Работы по термическому закреплению состоят из следующих процессов: бурения скважин диаметром 10—20 *см* на заданную глубину; монтажа затвора с камерой сгорания и арматурой для управления подачей топлива и воздуха; герметизации скважин; установки питающих агрегатов; сборки и проверки систем трубопроводов; обжига грунта; демонтажа систем и тампонирования скважин местным грунтом.

Бурение осуществляют станками вращательного, ударного и шнекового

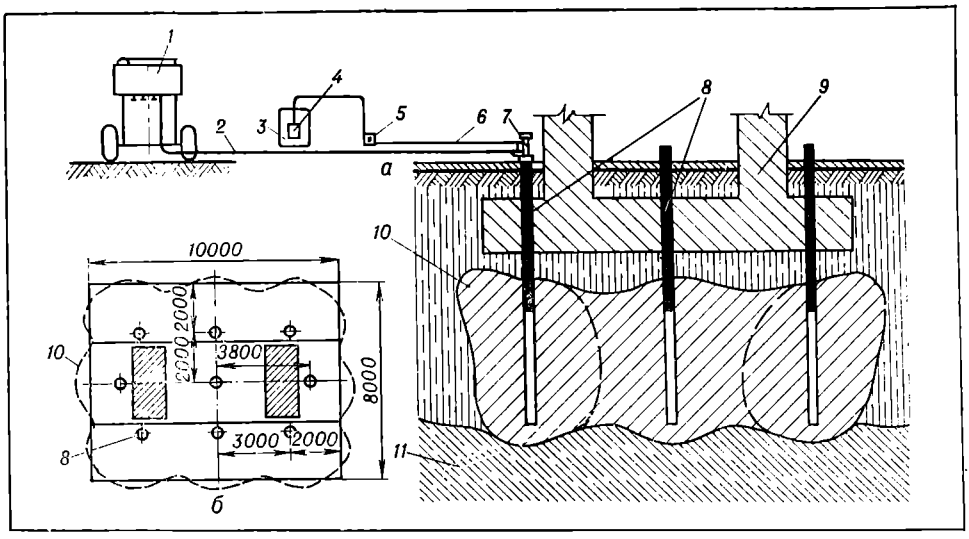


Рис. V.3. Схема термического закрепления грунтов основания:

а — схема установки и разрез закрепляемого массива просадочного лессовидного суглинка; *б* — план расположения скважин и контур обожженного массива; *1* — турбогазодувка; *2* — трубопровод сжатого воздуха; *3* — емкость для жидкого горючего; *4* — фильтр; *5* — насос для подачи горючего под давлением в скважину; *6* — трубопровод для горючего; *7* — специальное устройство с затвором и горелками для сжигания топлива на заданной глубине; *8* — скважины $d = 190$ *мм*; *9* — существующий фундамент; *10* — контур обожженного массива; *11* — подстилающие прочные грунты.

действия. Жидкое топливо подают под естественным напором высотой 5—8 *м*, воздух — передвижной турбогазодувкой производительностью до 600 $м^3/ч$ под давлением 0,3—0,5 $Мн/м^2$ (3—5 *ати*). Во время обжига температуру в скважине контролируют оптическими пирометрами, а в обжигаемом грунте — термопарами с гальванометром. Температура должна быть не выше 1100 °С во избежание оплавления стенок скважины, что закрыло бы доступ газам в поры грунта.

Герметизацию скважин постоянно контролируют, замеряя в них давление газов. При падении давления срочно ремонтируют и усиливают слой заделки либо уплотняют дневную поверхность грунта.

Цементацией закрепляют трещиноватые скальные породы, а также гравелистые и рыхлые песчаные грунты. Цементация состоит из процессов расчистки поверхности грунта, с которой производят закрепление; бурения скважин, их продувания или промывки (в скальных породах); установки инъекторов; гидравлического опробования скважин; нагнетания инъекционного раствора; извлечения инъекторов.

Для цементации используют растворы с водоцементным отношением от 0,4 до 1; расход раствора составляет 20—40% объема закрепляемых пород. Нагнетают раствор через такие же инъекторы, как для силикатизации.

В песчаные и гравелистые грунты инъекторы забивают на величину заходки — высоты вертикальной зоны закрепления. После нагнетания раствора инъекторы углубляют до следующей зоны.

Скальные породы также закрепляют зонами, но, закрепив верхнюю зону, инъектор извлекают, а скважину добуривают на глубину очередной зоны, не ожидая схватывания раствора.

Гидравлическим испытанием скважин, проводимым перед началом работ по закреплению, выявляют степень водопоглощения, по которой подбирают состав и консистенцию раствора. Одновременно поверхность частиц грунта увлажняется, что предотвращает осажде-

ние раствора в ближайших к скважине порах и позволяет достичь максимального радиуса закрепления.

Раствор перед подачей непрерывно перемешивают. Его нагнетают в инъекторы по напорным шлангам, пользуясь двухпоршневыми насосами двустороннего действия производительностью 100—300 *л/мин*, развивающими давление 3—8 *Мн/м²* (30—80 *ати*).

Если при гидравлическом испытании скважины легко поглощают воду, возможно прямое нагнетание раствора. Если же при давлении 0,2—0,3 *Мн/м²* (2—3 *ати*) вода поглощается медленно, скважины подключают к кольцевому трубопроводу, в котором насосная установка создает непрерывное движение раствора по замкнутому кольцу, чем предотвращается осаждение раствора в системе трубопроводов. Нагнетание ведут непрерывно до достижения отказа. Отказом считают расход раствора в объеме до 0,5 *л/мин*, который удерживается при заданном проектом давлении не менее 20 *мин*.

§ 4. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Уплотнение оснований в холодное время года надо вести быстро и заканчивать при температуре грунтов не ниже +2° С, а подготовленные поверхности предохранять от замораживания (накрывать матами и пр.). Лучшим способом в этих условиях является трамбование, не требующее большой открытой поверхности, как, например, укатка. Для подсыпки оснований надо использовать талые грунты. Применение мерзлых комков недопустимо. Лучше всего устраивать подушки из сухого песка или щебня, которые после уплотнения нужно предохранять от увлажнения. Методы уплотнения, требующие в обычных условиях замачивания грунтов, зимой не применяют.

Силикатизацией, смолизацией и цементацией грунты закрепляют при температуре в зоне закрепления не ниже +1° С. Растворы для силикатизации подогревают до +40° С. При смолизации и цементации растворы, подаваемые в скважины, должны иметь температуру не ниже +5° С. Оборудование и скважины закрывают тепляками.

Термическое закрепление грунтов практически не ограничено уровнем отрицательных температур. Нужно только при падении температуры воздуха ниже —10° С утеплять топливные трубопроводы, а загустевшее жидкое топливо разжижать подогревом.

§ 5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ

Горизонтальность и отметки подготовленного основания контролируют нивелиром, плоскость поверхности — рейкой.

Качество уплотнения тяжелыми трамбовками проверяют пробным трамбованием — двумя ударами той же трамбовки с высоты 4 *м*. Ориентировочно величина отказа для песков составляет 0,64 *см*, лессовидных суглинков — 1—1,5 *см*, глинистых грунтов — 1—2 *см*. Существуют приборы, основанные на принципе погружения стандартного штампа под действием стандартного груза. Число ударов для погружения штампа на 10 *см* характеризует степень уплотнения грунта.

Применяется также определение плотности грунта по объемной массе образцов, отобранных с помощью стандартных колец. Достигнутую объемную массу сравнивают с заданной. Ориентировочно объемная масса скелета грунта должна составлять: для песков — 1,63—1,65 *г/см³*, для суглинков — 1,7 *г/см³* (в зависимости от влажности).

Качество закрепления грунтов и горных пород контролируют пробным бурением, пробным нагнетанием воды в скважину, иногда вскрытием шурфов или специальными методами, указанными в проекте.

При большом объеме работ по контролю качества оснований можно применять радиометрические плотномеры для глубинных или поверхностных измерений. Эти приборы фиксируют интенсивность проникания радиации, зависящую от поглощающей способности грунта.

Во всех случаях, когда характеристики оснований не соответствуют проектным, работы по уплотнению или закреплению повторяют и снова контролируют их качество.

§ 6. ОХРАНА ТРУДА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ОСНОВАНИЙ

До начала работ надо проверить устойчивость и прочность заложенных откосов и установленных креплений стен траншей и котлованов, чтобы предупредить обвалы и оползни. Для передвижения рабочих устанавливают стремянки с перилами, а в узких траншеях — приставные лестницы.

При закреплении грунтов нужно соблюдать требования, предусмотренные для работ на компрессорных, гидравлических, электрических и паровых установках. Работы с кислотами следует выполнять в защитных очках, масках и специальной одежде. В рабочей зоне всегда должен быть нейтрализующий щелочной раствор и чистая вода.

Термическое закрепление грунтов можно начинать только после проверки газонепроницаемости поверхностного уплотнения, приобретения бетоном защитных воротников у скважин не менее 50% прочности и устройства козырьков. Турбогазодувки устанавливают не ближе чем в 5 *м* от обжигаемых скважин, а емкости с горючим — не ближе чем в 10 *м*. Надежность трубопроводов и электросетей ежедневно контролируют и немедленно устраняют неисправности.

При контроле качества уплотнения радиометрическими приборами источники гамма-излучений хранят в свинцовых контейнерах в специально отведенном месте. К работе с ними допускаются только специально обученные лица.

Глава 2

УСТРОЙСТВО СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ И ШПУНТОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

§ 1. ВИДЫ СВАЙ И СПОСОБЫ ИХ ПОГРУЖЕНИЯ

Сваи используют для устройства фундаментов различных зданий и сооружений, когда слабые грунты основания имеют большую толщину, а закреплять их нецелесообразно.

Деревянные, железобетонные, стальные и комбинированные сваи изготовляют на заводах, подсобных предприятиях или непосредственно на площадке в виде сплошных или полых стержней, труб и т. п., грунтовые и бетонные сваи — непосредственно на месте, заполняя материалом полости специально подготовленных скважин заданного диаметра.

Шпунтовые сваи применяют в виде сплошных рядов — стен для защиты котлованов и траншей от грунтовых вод; двойные параллельные шпунтовые ряды с засыпкой между ними водонепроницаемых грунтов используют как перемычки в строительстве гидротехнических и других сооружений.

Свайные фундаменты, состоящие из рядов или групп свай, по верху объединяют ***ростверком*** — монолитной или сборномонолитной плитой. Расположение свай в фундаменте зависит от характера опорных конструкций зданий и сооружений. Схема размещения свай, состоящая из одного или нескольких параллельных рядов, применяется для ленточных фундаментов; кустовая схема в виде группы свай, сосредоточенных на малой площади,— для отдельных опор, устоев мостов, колонн и т. п. Свайные поля, состоящие из многих рядов с большим числом свай, устраивают для фундаментных плит под всей площадью сооружений.

Деревянные сваи (рис. V.4,*а*) делают из прямых бревен диаметром 18—30 *см*. Для свай пригодны ель, сосна, дуб, лиственница, кедр, пихта. Нижний конец сваи заостряют и иногда защищают металлическим башмаком, а верхний — уширенный — обтесывают конусно, чтобы насаженный горячим стальной бу-

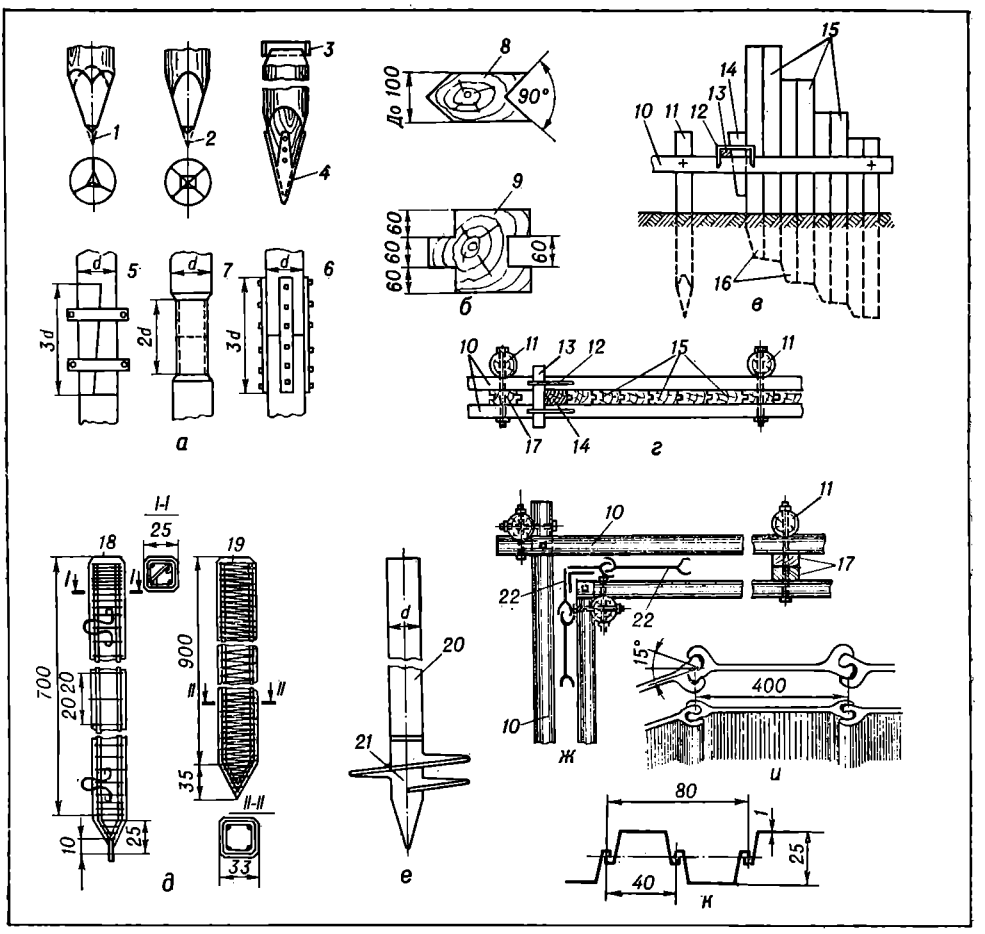


Рис. V.4. Виды свай и шпунтовых ограждений:

а — деревянные сваи; *б* — деревянные шпунтины; *в* — деревянная шпунтовая стенка; *г* — то же, вид сверху; *д* — железобетонные сваи; *е* — винтовая свая; *ж* — стальная шпунтовая стенка; *и* — профиль плоского стального шпунта; *к* — профиль корытного стального шпунта; *1* — трехгранная затеска; *2* — четырехгранная затеска; *3* — стальной бугель; *4* — стальной наконечник; *5* — стык в полдерева на хомутах; *6* — стык в торец на стальных накладках; *7* — то же, с помощью отрезка стальной трубы; *8* — шпунтина из доски с треугольным пазом; *9* — шпунтина из бруса с квадратным пазом и гребнем; *10* — деревянные направляющие схватки; *11* — маячные сваи; *12* — скобы; *13* — упор; *14* — клин; *15* — пакеты деревянных шпунтин; *16* — скосы в затеске шпунтины; *17* — прокладки; *18* — железобетонные сваи с арматурой в виде хомутов; *19* — то же, со спиральной арматурой; *20* — стержень сваи; *21* — винтовой наконечник; *22* — стальной шпунт.

гель возвышался над головой сваи на 10—20 *мм*. Первые удары молота окончательно осаживают бугель на место и обжимают голову сваи, что предохраняет ее от размочаливания.

Эти сваи можно наращивать по длине, а также собирать в пакеты по три или четыре бревна (стыки при этом размещают вразбежку). Шпунтовые сваи (рис. V.4,*б*) делают из брусьев или досок. Они имеют продольный замок — шпунт, который направляет сваи при забивке ряда и повышает водонепроницаемость стенки.

Железобетонные сваи (рис. V.4,*д*) бывают с п л о ш н ы е — квадратного, прямоугольного или многоугольного сечения, п о л ы е — квадратного с круглой полостью или кольцеобразного сечения (трубчатые) и ш п у н т о в ы е — различных сечений, зависящих от типа сопряжения шпунтин.

Нижний конец сплошных свай усиливают острием, приваренным к продольной арматуре, верхний — сетками или спиральной арматурой, что улучшает сопротивляемость ударам. Сваи, предназначенные для погружения вибратором, снабжают в верхнем конце специальными деталями для его закрепления. Полые сваи делают без острия. Погружать их в грунт можно с открытым отверстием либо присоединив острие в виде железобетонного башмака на болтовом креплении. Полые кольцеобразные и квадратные сваи изготовляют секциями, которые наращивают по мере погружения либо укрупняют заранее.

Стальные сваи в виде труб применяют для устройства сталебетонных, а также винтовых стальных (рис. V.4,*е*) и **комбинированных свай,** состоящих из разных материалов (например, ствол сваи железобетонный, а винтовой наконечник стальной).

Стальные шпунтовые сваи специальных прокатных профилей изготовляют с замками на продольных кромках, обеспечивающими хорошее уплотнение примыканий в шпунтовых рядах и перемычках (рис. V.4, *и*,*к*).

Все технологические приемы устройства свайных фундаментов можно свести к трем основным способам: забивке свай; безударному погружению (подмыв, завинчивание и вдавливание свай) и набивке в проектном положении.

§ 2. ЗАБИВКА И ВИБРОПОГРУЖЕНИЕ СВАЙ

Забивка свай включает следующие процессы: подготовку площадки, расчистку свайного поля или полосы, устройство подмостей и путей для перемещения сваебойных установок; установку обносок, разбивку свайных полей и рядов, разметку отдельных свай в рядах; передвижку копров или копровых установок в очередную рабочую позицию; подтягивание, подъем и установку свай в исходное положение; погружение свай.

Первые два процесса выполняют обычно сразу для всего объема свайных работ. Разбивочные оси и положение свай после надлежащей проверки закрепляют на местности. Последние три процесса повторяются при забивке каждой сваи.

Сваи забивают копрами или копровыми установками, смонтированными на самоходных кранах либо экскаваторах. Перемещение копров связано с дополнительными работами, на которые расходуется до 70—80% рабочего времени, сама же забивка свай занимает только 20—30%, а при вибропогружении — и того меньше. Поэтому выбору наиболее подходящего сваебойного оборудования и рациональной схемы перемещения копров, подготовке путей, предварительному размещению свай на площадке, подаче их к копру, строповке свай и другим вопросам организации работ надо уделять большое внимание.

Продолжительность и трудоемкость передвижки копра можно сократить, установив его на подкопровом мосту, перемещающемся вдоль фронта работ по рельсовому пути (рис. V.5,*а*). Копры перемещают в очередную позицию также по рельсам ходовых путей и траверсных тележек с помощью лебедок и отводных блоков (рис. V.5,*б*,*в*).

В новой позиции копер центруют по оси забиваемой сваи. Для забивки обычных свай выверяют вертикальность стрел в двух плоскостях, а для забивки наклонных свай устанавливают заданные углы наклона стрел. После этого копер закрепляют специальными натяжными скобами или аутригерами. Затем молот поднимают по стрелам и закрепляют в верхнем положении. С помощью троса и выносных блоков подтягивают очередную сваю, поднимают и устанавливают ее на пересечении разбивочных осей, потом разворачивают вокруг продольной оси в заданное положение. Верхним концом сваю подводят под наголовник и опускают молот.

Трудоемкие операции — подъем, заводку, разворот и установку свай — облегчают применением специального приспособления для заводки свай (рис. V.5,*д*). Коробка приспособления прикреплена к дизель-молоту серьгой. К ней на цапфах и звеньях подвешена поворотная рамка, на оси которой закреплены планки с отверстиями, и трос с карабином. Подтянутую сваю закрепляют в рамке тросом, который цепляют карабином

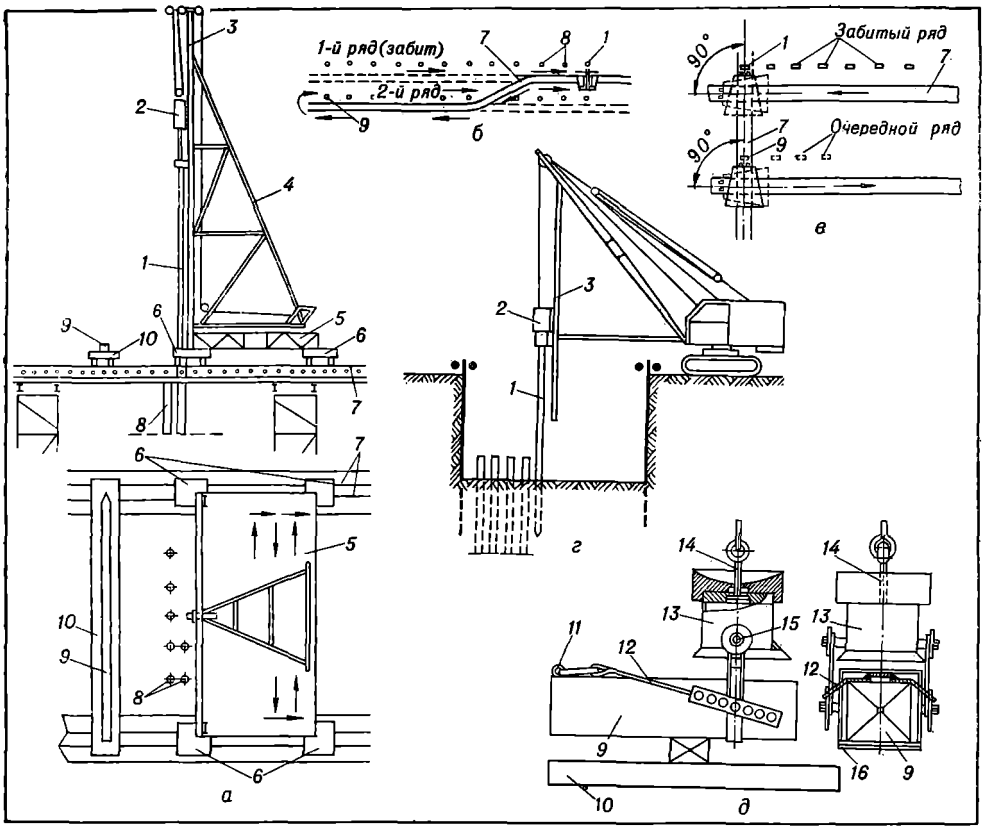


Рис. V.5. Работы по забивке свай:

а — забивка свай с подкопрового моста; *б* — схема передвижки копра методом рихтовки рельсового пути; *в* — перекатывание копра с помощью траверсной тележки и вспомогательного рельсового пути; *г* — забивка свай с помощью стрелового крана; *д* — приспособление для заводки свай под молот; *1* — забиваемая свая; *2* — молот; *3* — направляющая стрела; *4* — рама копра; *5* — подкопровый мост; *6* — тележки подкопрового моста; *7* — рельсовый путь; *8* — забитые сваи; *9* — очередная свая; *10* — платформа транспортной тележки; *11* — монтажная петля на свае; *12* — трос с карабином и планкой; *13* — коробка для крепления серег; *14* — серьга; *15* — цапфа с серьгами; *16* — поворотная рамка. (Стрелками показаны схемы перемещения копра и подкопрового моста).

за подъемную петлю сваи. Длина троса регулируется перестановкой планки на соответствующее отверстие в ней. Дизель-молот с коробкой, рамкой и сваей поднимают, при этом рамка вместе со сваей поворачивается вокруг своей оси и свая занимает вертикальное положение. Висящую сваю разворачивают на серьге в нужное положение, опускают, закрепляют на стрелах и, отклонив коробку, устанавливают молот. Забив сваю, трос с карабином отстегивают от петли и снимают приспособление вместе с молотом.

Самоходными установками можно свободно маневрировать по свайным полям, чем ускоряется выполнение работ (рис. V.5,*г*). Однако применять эти установки не всегда целесообразно ввиду значительной стоимости машино-смены их работы.

На сваях для контроля глубины погружения делают разметку по длине, начиная от нижнего конца. Первые риски наносят через 1 *м*, затем через 0,5 *м*, а в верхней части — через 0,1 *м*. Против рисок записывают длину сваи от ее нижнего конца.

Установленную на точку сваю дополнительно закрепляют с помощью ползуна в стрелах копровой установки. Такое закрепление особенно важно.

когда сваи забивают в наклонном положении.

Первые удары по свае делают с малой высоты — до 0,5 *м*, пока свая не получит правильного направления. Затем силу удара молота постепенно увеличивают до максимальной. От каждого удара свая погружается на определенную величину, которая уменьшается по мере углубления. В дальнейшем наступает момент, когда после каждого удара свая погружается на одну и ту же величину, называемую ***отказом***. Отказ принято находить как среднюю величину после замера погружения от десяти ударов. Серию ударов, выполняемых для замера средней величины отказа, называют ***залогом***.

Сваи забивают до достижения расчетного отказа $l_р$, *см*, определяемого по формуле

$$l_р = \frac{nQH_п F}{P_{пр}(P_{пр} + nF)} \cdot \frac{Q + 0{,}2q}{Q + q} \quad \text{(V.2)}$$

где Q — масса ударной части молота, *т*; q — масса сваи с оголовком, *т*; $H_п$ — расчетная (зависящая от оборудования) высота падения ударной части молота, *см*; n — коэффициент, зависящий от материала сваи и способа забивки, *тс/см*^{2}; F — площадь поперечного сечения сваи, *м*^{2}; $P_{пр}$ — предельная несущая способность сваи, *тс*.

Если средний отказ в трех последовательных залогах не превышает расчетного, процесс забивки сваи считают законченным. Величину залога для определения отказа свай, погружаемых молотами двойного действия и вибропогружателями, устанавливают по времени. Принято определять отказ по величине погружения сваи за 1 *мин* действия молота при заданном давлении пара или воздуха, а для вибропогружателей — за 1 *мин* работы при заданном напряжении тока в сети. Все измерения отказа сваи, ее номер, сведения о ходе погружения и возможных отклонениях от правильного положения, данные об условиях работы молотов и вибропогружателей заносят в специальный журнал.

Погружаясь, свая уплотняет прилегающие грунты, от чего ее несущая способность увеличивается. Это существенно влияет на работу висячих свай, которые часть нагрузки передают основанию в результате трения боковой поверхности о грунт. С этой целью при ленточном расположении свай забивают сначала крайние, а затем средние ряды; в свайных полях забивают в первую очередь ряды по периметру, затем внутренние и заканчивают центральными.

Забивку шпунтовых рядов (рис. V.4,*в*, *ж*) начинают с маячных свай. По ним устанавливают парные схватки, закрепляемые на болтах. Шпунтовой ряд забивают с угла от одной маячной сваи к другой, устанавливая очередную шпунтину между направляющими схватками. Плотное примыкание металлических шпунтин обеспечивается специальными замками прокатного профиля. В деревянных и железобетонных сваях (с пазом и гребнем) плотное примыкание очередной сваи обеспечивается реактивной силой, возникающей на скошенной поверхности низа сваи от трения ее о грунт. Сваи устанавливают между схватками скосом вперед по ходу забивки ряда. Сваи шпунтового ряда забивают до заданной глубины, контролируемой по разметке длины шпунтин.

Успешность погружения свай во многом зависит от выбора сваебойного оборудования. Так, тяжелые паровоздушные молоты, масса ударной части которых более 2 *т*, применяют для забивки железобетонных свай сплошного сечения длиной более 10 *м*. Здесь пригодны и молоты двойного действия. Железобетонные сваи сплошного сечения короче 10 *м*, деревянные сваи длиной свыше 6 *м* и стальные шпунты забивают легкими паровоздушными молотами одиночного действия (масса ударной части 1,25—2 *т*) или дизель-молотами тяжелых моделей (масса ударной части более 1,8 *т*). Деревянные сваи до 6 *м* длиной забивают легкими дизель-молотами (масса ударной части 0,4—1,2 *т*).

Как правило, масса ударной части паровоздушных молотов одиночного действия и дизель-молота должна в 1,5 раза превышать массу сваи. Для очень длинных свай допускается уменьшение этого отношения до 0,75, при котором, естественно, свая погружается медленнее.

Вибропогружатели применяют главным образом для забивки свай, испы-

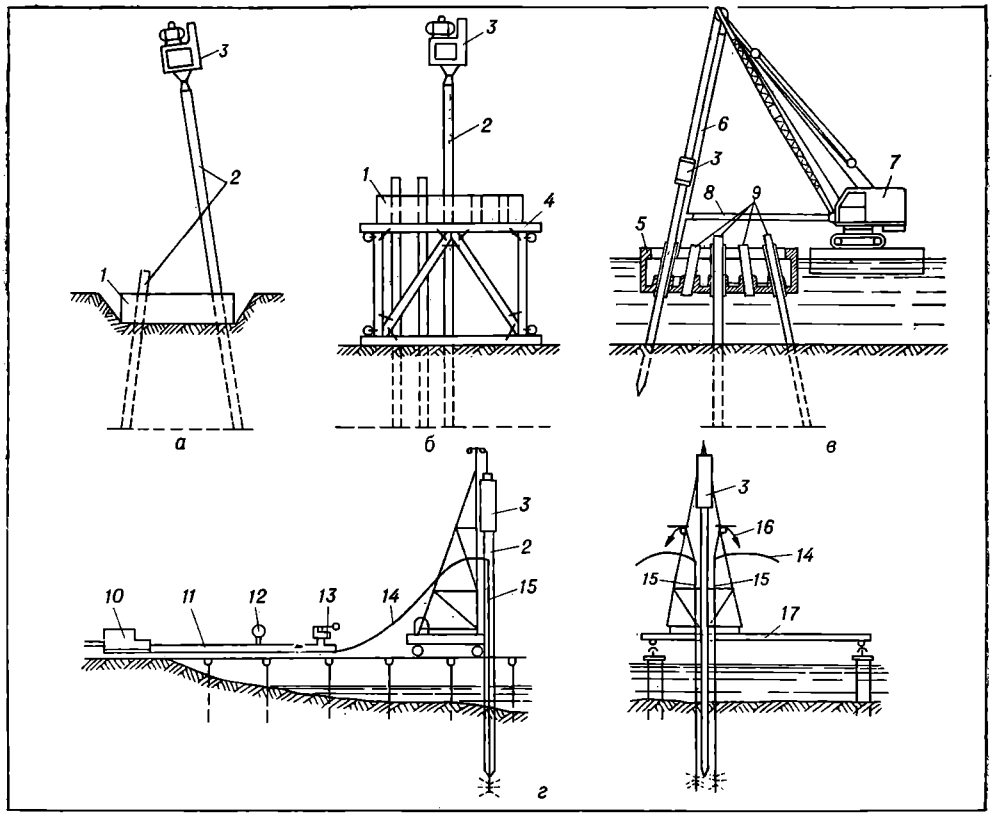


Рис. V.6. Схемы вибропогружения свай:

а — с помощью кондуктора-ростверка; *б* — то же, кондуктора на подмостях; *в* — то же, плавучего кондуктора; *г* — схема погружения свай с подмывом; *1* — кондуктор-ростверк; *2* — сваи; *3* — вибропогружатель; *4* — подмости; *5* — плавучий кондуктор; *6* — подвесные стрелы; *7* — кран на плашкоуте; *8* — телескопическая распорка; *9* — патрубки ростверка; *10* — насос; *11* — магистральный напорный водопровод; *12* — манометр; *13* — предохранительный клапан; *14* — подводящие высоконапорные шланги; *15* — подмывные трубы; *16* — тросы для подъема подмывных труб; *17* — подкопровый мост на эстакаде.

тывающих небольшое лобовое сопротивление, а именно: оболочек, полых свай с открытым концом, стального шпунта. С помощью вибропогружателей стальной шпунт при необходимости легко извлекать из грунта.

Пользуясь наголовником с фланцевым болтовым соединением или клиновидным замком, вибропогружатель жестко закрепляют на голове сваи.

Вибропогружение свай вначале должно происходить при небольшой скорости опускания вибропогружателя, без слабины троса, но и без сильной натяжки. Этим предупреждают возможные отклонения сваи в начальный период погружения, а при забивке стальных шпунтов предотвращают их продольный изгиб. Правильное направление свай обеспечивают специальными кондукторами (рис. V.6, *а—в*).

§ 3. БЕЗУДАРНОЕ ПОГРУЖЕНИЕ СВАЙ

Существуют три способа безударного погружения свай — подмывом, завинчиванием и вдавливанием.

Подмыв применяют при любом сваебойном оборудовании. Сваю подмывают у острия, подавая воду по трубам, погружаемым вместе со сваей (рис. V.6,*г*). Вода, нагнетаемая под большим давлением, размывает грунт основания и, выходя на поверхность вдоль сваи,

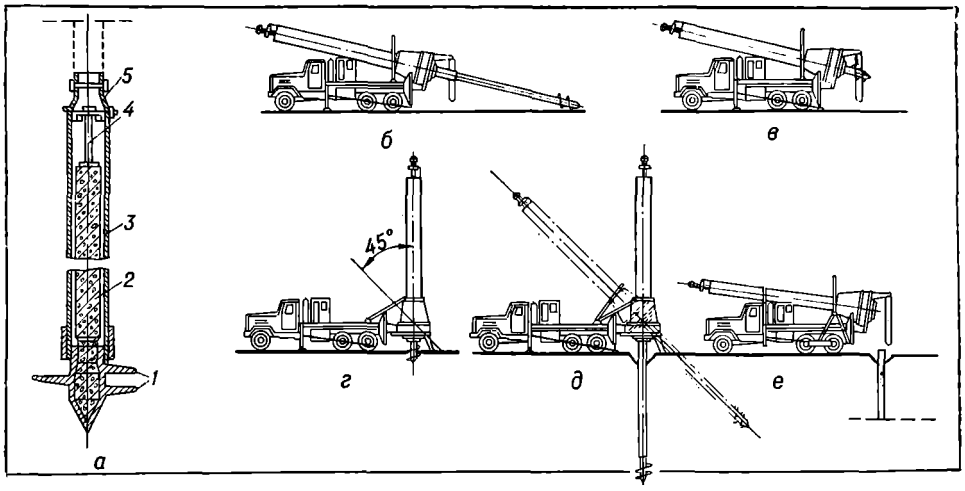


Рис. V.7. Схема процесса завинчивания свай:

а — винтовая свая; *б* — закрепление сваи в инвентарной оболочке; *в* — втягивание оболочки внутрь трубы рабочего органа; *г* — установка сваи над местом погружения в вертикальном или наклонном положении; *д* — завинчивание сваи и извлечение оболочки; *е* — подготовка машины к перестановке на место завинчивания очередной сваи; *1* — винтовой наконечник; *2* — ствол винтовой сваи; *3* — инвентарная оболочка; *4* — стержень для закрепления сваи в инвентарной оболочке; *5* — патрон рабочего органа машины.

значительно уменьшает трение ее боковой поверхности о грунт. В результате подмыва свая осаживается под действием собственного веса и веса установленного на ней молота или вибропогружателя. Если свая сама не погружается, ее, не прекращая подмыва, забивают легкими ударами молота или вибрированием. Опустив сваю на определенную глубину, подачу воды прекращают и извлекают трубы, после чего добивают сваю обычным методом — на 1,5—2 *м* до достижения отказа.

Нужно иметь в виду, что висячие сваи опускать подмывом нельзя, так как при этом нарушается сцепление поверхности сваи с грунтом.

Требуемое давление и расход воды устанавливают пробным погружением. Обычно в илистых грунтах давление составляет 0,4—0,6 *Мн/м*^{2} (4—6 *ати*), а расход воды — 0,01—0,012 *м*^{3}/*сек*, в гравелистых и глинистых грунтах напор достигает 1,2—2 *Мн/м*^{2} (12—20 *ати*), а расход воды — 0,03—0,05 *м*^{3}/*сек*.

Винтовые сваи (рис. V.7,*а*) изготовляют комбинированными: нижнюю часть — конический наконечник и винтовые лопасти в один виток — из стали, верхнюю часть — сплошной стержень — из железобетона. Уширение нижней части винтовых свай лопастями значительно увеличивает их несущую способность и сопротивление выдергиванию, вследствие чего их можно успешно применять в анкерных фундаментах, воспринимающих выдергивающие усилия.

Сваи погружают в грунт специальной передвижной установкой, смонтированной на автомобиле повышенной проходимости (рис. V.7, *б*—*е*), что позволяет выполнять работы на трассах электропередач, в труднопроходимых местах и др. Крутящий момент передается на завинчиваемую сваю от автомобильного двигателя через специальную трансмиссию и трубу, вращающуюся в подшипниках конусообразного основания.

Завинчивание свай с помощью передвижной установки состоит из следующих процессов: маневрирования и установки машины в заданное положение и поддомкрачивания рамы; установки сваи в инвентарную оболочку, соединения ее с патроном и втягивания в трубу рабочего органа; подъема рабочего органа и установки его в вертикальное положение или под углом, соответствующим заданному наклону сваи (до 45°); опускания и завинчивания сваи, извле-

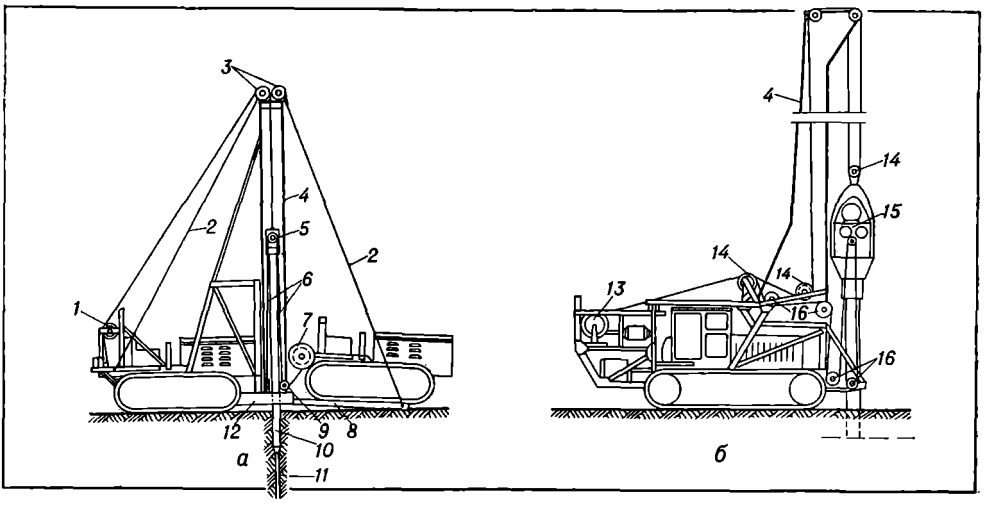


Рис. V.8. Вдавливание свай:

а — установка для вдавливания свай; *б* — вибровдавливающая установка; *1* — лебедка и тяговый трос для опускания опорной плиты и подъема наголовника; *2* — растяжки стрелы; *3* — блоки для работы первой лебедки; *4* — рама стрелы (условно показан только контур); *5* — наголовник с блоками для вдавливающего троса; *6* — вдавливающий трос; *7* — вдавливающая лебедка; *8* — опорная плита; *9* — отводной блок вдавливающего троса; *10* — свая; *11* — лидер-скважина; *12* — горизонтальная рама; *13* — двухбарабанная лебедка; *14* — трос и блоки для подъема вибропогружателя; *15* — вибропогружатель; *16* — вдавливающий трос и его блоки.

чения инвентарной оболочки, установки рабочего органа в транспортное положение и подготовки машины к перемещению.

В процессе завинчивания крутящий момент от патрона передается через инвентарную трубчатую оболочку на металлический винтовой башмак сваи, поэтому свая на скручивание не работает.

Описанной установкой завинчивают в смену до 10 свай длиной 8 *м* и диаметром винтовой лопасти до 1,3 *м*. При необходимости установкой можно также вывинтить сваю.

Погружение винтовых свай происходит без ударов и вибрации и не влияет на расположенные поблизости конструкции и подземные трубопроводы.

Метод вдавливания свай также безопасен для окружающих сооружений. Вдавливание выполняют специальными установками, воздействующими на сваю весом либо весом и вибрацией одновременно.

Установка, воздействующая т о л ь к о в е с о м (рис. V.8,*а*) смонтирована на двух гусеничных тракторах. На горизонтальной раме одного из них установлена и закреплена подкосами направляющая стрела с наголовником для крепления сваи, полуторатонная лебедка для ее подъема и нижняя опорная плита. На втором тракторе смонтирована пятитонная лебедка, которая с помощью системы тросов и блоков вдавливает сваи.

Первый трактор устанавливают в рабочее положение, опускают опорную плиту на грунт, затем поднимают наголовник в крайнее верхнее положение и закрепляют его. После этого подтягивают очередную сваю, заводят ее в раму стрелы и ставят на точку, а наголовник опускают на верх сваи. На опорную плиту устанавливают второй трактор и запасовывают трос через отводные блоки к наголовнику. Выбирая трос на вдавливающую лебедку, сваю погружают в грунт.

Установка развивает усилие вдавливания до 350 *кн* (35 *тс*) и может погрузить за смену 13—15 свай длиной до 6 *м*. Обслуживают ее четыре человека. В очень плотных грунтах перед вдавливанием свай легкой буровой установкой пробуривают скважины небольшого диаметра. Такие лидер-скважины облегчают вдавливание свай в плотные грунты

и обеспечивают нужное их направление.

Несколько большую производительность (до 15—17 свай в смену) имеет установка, работающая методом вибровдавливания. Она смонтирована на одном тракторе (рис. V.8,*б*), на котором укреплены две рамы: на задней находится электрогенератор и двухбарабанная лебедка, на передней — направляющая стрела с вибропогружателем и блоки, через которые к вибратору проходит вдавливающий трос от лебедки.

Трактор устанавливают так, чтобы крюк для подвески вибратора находился над местом сваи. Вибратор опускают вниз, наголовником соединяют его со сваей и поднимают в верхнее положение, а сваю ставят на точку. Погружение происходит под действием веса сваи, вибропогружателя и части веса трактора, передаваемой на вибропогружатель вдавливающим тросом. Одновременно на сваю воздействует вибрация, создаваемая низкочастотным погружателем с подрессоренной плитой.

Усилие вдавливания этой установки меньше, чем у изображенной на рис. V.8,*а*, так как ее общий вес почти в два раза меньше. Поэтому при ее использовании для облегчения погружения свай в плотных грунтах лидер-скважины бурят большего диаметра (не менее 16 *см*).

Способ вдавливания не требует устройства каких-либо путей для рабочих передвижек, не разрушает головы сваи и эффективен при погружении коротких свай — длиной до 6 *м*.

§ 4. УСТРОЙСТВО НАБИВНЫХ СВАЙ

Набивные сваи изготовляют на площадке в проектном положении. По способу устройства грунтовой полости и технологии ее заполнения набивные сваи делятся на трамбованные (типа Страуса), литые, пневмонабивные, частотрамбованные и буронабивные.

Для набивных трамбованных свай Страуса грунтовую полость образуют методом ударно-вращательного бурения скважины, которую обсаживают трубой диаметром 250—325 *мм* (рис. V.9,*а*). Бурение доводят до опорного пласта, заглубляясь в него на 0,2—0,5 *м*. Готовую скважину заполняют жесткой бетонной смесью (осадка конуса 3—4 *см*). Уложив слой толщиной 0,8—1 *м*, его уплотняют тяжелой трамбовкой, одновременно обсадную трубу поднимают, но так, чтобы ее конец остался на 0,3—0,4 *м* ниже уровня бетонной смеси. Затем укладывают и уплотняют очередной слой, повторяя операцию до заполнения скважины.

Литые сваи устраивают, если грунтовая вода вызывает расслоение трамбуемой бетонной смеси. В этих условиях скважину заполняют бетонной смесью (осадка конуса 12—16 *см*) при помощи бадьи с открывающимся дном, опуская ее до упора в поверхность ранее уложенного слоя. Под действием собственного веса литая бетонная смесь, вытесняя воду, заполняет освобождаемую при подъеме обсадной трубы скважину. Объем последней порции подбирают так, чтобы ее хватило для заполнения верха скважины в момент извлечения обсадной трубы.

Пневмонабивные сваи применяют при большом притоке грунтовой воды в скважину. Для их изготовления к обсадной трубе длиной до 20 *м* и диаметром до 600 *мм* присоединяют на фланцах шлюзовой аппарат, верхнее и нижнее отверстия которого оборудованы клапанами. Подавая в освобожденную от грунта обсадную трубу сжатый воздух давлением до 0,4 $Мн/м^2$ (4 *атм*), из нее выжимают грунтовую воду. Затем камеру шлюза через верхний клапан заполняют бетонной смесью и, закрыв клапан, увеличивают в камере давление, уравнивая его с давлением в скважине, после чего открывают нижний клапан шлюза. Бетонная смесь падает и под давлением сжатого воздуха плотно заполняет осушенную скважину. Операцию повторяют при продолжающемся извлечении обсадной трубы и снижении давления до нуля в момент заполнения верхней части скважины.

При устройстве частотрамбованных свай (рис. V.9, *б*—*ж*) в качестве оборудования нужен копер с блоком на укосине для подъема арматурных каркасов и бадей с бетоном, молот двойного действия и обсадная труба, которую перед

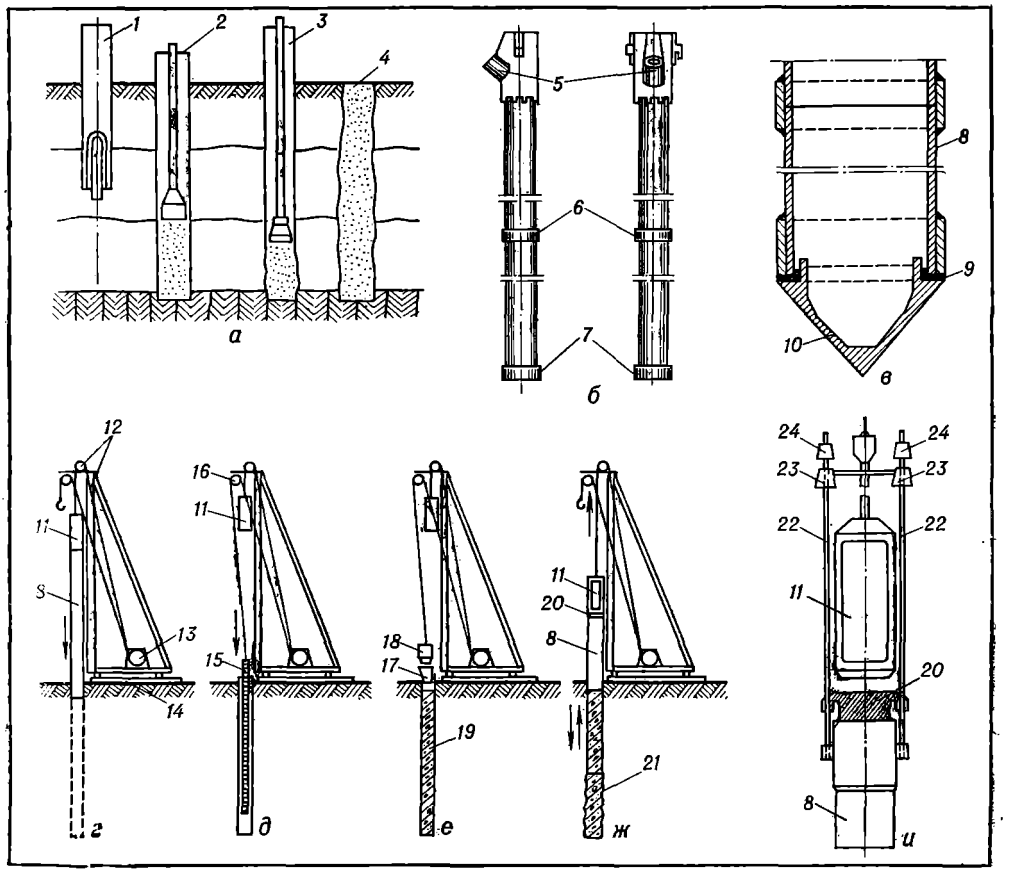


Рис. V.9. Изготовление набивных свай:

а — схема устройства трамбованных свай; *б* — общий вид инвентарной обсадной трубы для частотрамбованных свай; *в* — нижняя часть трубы с теряемым башмаком; *г* — первый этап изготовления частотрамбованных свай — забивка обсадной трубы; *д* — второй этап — установка в скважину арматурного каркаса; *е* — третий — загрузка бетонной смеси в трубу; *ж* — четвертый — трамбование бетона с одновременным извлечением обсадной трубы; *и* — схема крепления молота к трубе через подбабок для устройства частотрамбованных свай; *1* — бурение скважины и погружение обсадной трубы; *2* — заполнение скважины слоем жесткой бетонной смеси; *3* — трамбование бетонной смеси и извлечение обсадной трубы; *4* — готовая трамбованная свая; *5* — воронка инвентарной обсадной трубы; *6* — соединительная муфта; *7* — трамбующий ободок; *8* — обсадная труба; *9* — уплотнение смоляным канатом; *10* — теряемый металлический башмак; *11* — молот двойного действия; *12* — основной трос с блоками; *13* — двухбарабанная лебедка; *14* — ходовой путь копра; *15* — арматурный каркас; *16* — вспомогательный трос с блоком для подъема материалов; *17* — воронка; *18* — бадья для бетонной смеси; *19* — обсадная труба, заполненная бетонной смесью; *20* — подбабок наголовника обсадной трубы; *21* — готовая часть сваи; *22* — серьги; *23* — амортизационные пружины; *24* — упоры.

забивкой оснащают теряемым чугунным наконечником (башмаком), а стык уплотняют паклей, чтобы не допустить заполнения полости трубы грунтом и водой. Ударами молота трубу погружают до заданной отметки. Погружаясь, она раздвигает частицы грунта и создает его первичное уплотнение.

Затем молот поднимают и закрепляют на стрелах в крайнем верхнем положении. Если в скважину все же проникла вода, ее откачивают, затем в трубу опускают арматурный каркас (если сваи армируются) и заполняют до половины высоты бетонной смесью (осадка конуса 8 *см*).

Трамбуют смесь тем же молотом, который крепят к обсадной трубе через специальное приспособление (рис. V.9, *и*), состоящее из подбабка и двух серег с амортизационными пружинами и упорами. Лебедкой копра на молот передается

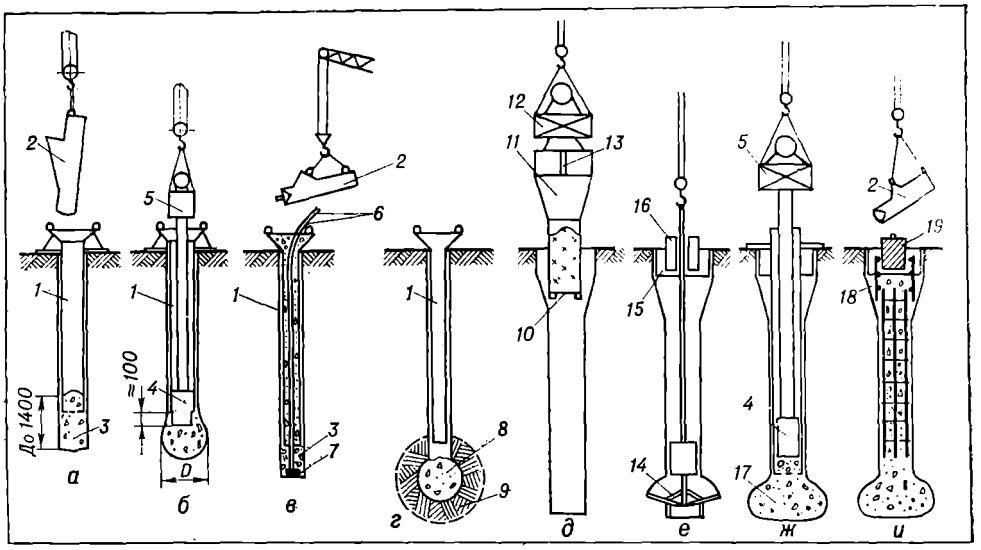


Рис. V.10. Устройство уширений набивных свай:

а — установка в готовую скважину инвентарной обсадной трубы с воронкой и засыпка жесткой бетонной смеси; *б* — втрамбовывание бетонной смеси в основание сваи; *в* — установка инвентарной обсадной трубы, закладка заряда ВВ и заполнение скважины пластичной бетонной смесью; *г* — образование камуфлетного уширения взрывом заряда под слоем бетонной смеси; *д* — разбуривание верхнего уширения скважины для образования стакана опоры-колонны; *е* — разбуривание нижнего уширения скважины; *ж* — расширение нижнего уширения втрамбовыванием жесткой бетонной смеси в основание опоры; *и* — формирование опоры-колонны и стакана; *1* — инвентарная обсадная труба с воронкой; *2* — бадья с бетонной смесью; *3* — бетонная смесь; *4* — вибротрамбовка; *5* — вибропогружатель; *6* — провода к подрывной машинке; *7* — заряд взрывчатого вещества; *8* — камуфлетное уширение; *9* — грунтовая оболочка, уплотненная взрывом; *10* — открывающееся дно расширителя; *11* — расширитель устья скважины; *12* — вибропогружатель; *13* — клинья для устройства выемки под рандбалку; *14* — расширитель скважины; *15* — инвентарная опалубка; *16* — буровой кондуктор; *17* — опорная часть опоры-колонны после повторного уширения; *18* — арматурные сетки стакана; *19* — форма стакана.

натяжение вверх. Теперь воздействие молота на трубу будет обратным: при ударе штока вверх молот через серьги увлекает обсадную трубу, и она поднимается из скважины на 4—5 *см*, а при ударе вниз, передающемся через подбабок, труба осаживается обратно на глубину 2—3 *см*. Удары вниз вместе с вибрационным воздействием трубы вызывают значительное уплотнение бетона, впрессовывая его в стены скважины. Тем самым вторично уплотняется и грунт.

Одной копровой установкой за сутки устраивают 10—15 свай длиной до 15 *м*.

Увеличить грузоподъемность свай при небольшой прочности опорного пласта можно уширением ее пяты. Существует три способа уширения: трамбование, камуфлетный взрыв и разбуривание.

Уширение пяты трамбованием выполняют с помощью вибропогружателя и штампа, жестко связанных штангой (рис. V.10,*а*, *б*). Инвентарную обсадную трубу на 1 *м* не доводят до дна скважины, заполняют ее нижнюю часть на высоту до 1,5 *м* жесткой бетонной смесью с осадкой конуса 0—2 *см* и уплотняют смесь вибротрамбованием, но так, чтобы верхняя часть штампа не опускалась ниже обсадной трубы. Очередные порции бетонной смеси добавляют до тех пор, пока размер уширения, который приближенно определяют по объему втрамбованной смеси, не достигнет заданного.

Камуфлетным взрывом пяту уширяют, взрывая заряд ВВ под слоем бетона. В готовую скважину (рис. V.10, *в*, *г*) опускают обсадную трубу с воронкой и устанавливают ее так, чтобы нижний конец оказался на 1,2—1,5 *м* выше дна скважины, т. е. за пределами действия камуфлетного взрыва. На дно скважины опускают заряд взрывчатки расчетной массы и выводят проводники от детонатора к подрывной машинке. Трубу за-

полняют бетонной смесью (осадка конуса 20—25 *см*) и производят взрыв.

Энергия взрыва уплотняет грунт, создавая сферическую полость, в которую немедленно устремляется бетонная смесь из обсадной трубы. После этого в обсадную трубу опускают арматурный каркас и окончательно заполняют скважину бетонной смесью (осадка конуса 5—10 *см*), постепенно извлекая обсадную трубу.

Для уширения пяты разбуриванием в скважину опускают буровую колонну с фрезой и раскрывающимися на заданной глубине ножами (рис. V. 10, *е*). Срезанный вращающимися ножами грунт накапливается в полости фрезы. Для его удаления приходится периодически извлекать из скважины всю буровую колонну.

Повторным уширением различными способами можно в определенных грунтовых условиях довести несущую способность одной сваи до величины нагрузки, передаваемой на фундамент колонной. Тогда под колонну вместо куста свай и ростверка достаточно устроить одну опору-колонну, что значительно сокращает объем земляных работ, затраты труда, времени и материалов на устройство фундаментов.

Для опор-колонн скважины можно делать не только круглые, но и прямоугольные (последние устраивают штанговым экскаватором).

Опора-колонна должна иметь верхнее уширение (рис. V.10, *д—и*) для формования стакана и нижнее, комбинированное для увеличения несущей способности.

Верхнее уширение разбуривают в готовой скважине специальным расширителем (рис. V.10,*д*).

Нижнее уширение образуют фрезой, затем увеличивают его, втрамбовывая жесткий бетон с помощью виброштампа.

Нижнее уширение можно создать также двойным камуфлетным взрывом группового или кольцевого заряда ВВ, приближенного к стенкам скважины. Объем бетонной смеси, укладываемой поверх первого заряда, определяют так, чтобы она заполнила камуфлетную полость до половины высоты. На поверхности просевшей после взрыва смеси устанавливают вторую группу зарядов и накрывают столбом бетонной смеси, объем которой должен заполнить увеличенную вторым взрывом полость и низ скважины до арматуры. Повторный взрыв, вжимая цементный раствор в корневидные трещины уплотненной грунтовой оболочки, замоноличивает и значительно усиливает ее.

Надо учитывать, что уширение пяты камуфлетным взрывом применимо только в связных грунтах и лишь в местах, где не опасны сотрясения, сопровождающие взрыв.

Глубинное уплотнение оснований описанных набивных свай применяют для увеличения их несущей способности в песчаных грунтах, когда уширение пяты нерационально или невозможно. Такое уплотнение достигается применением комбинированной технологии производства. Изготовленную обычным способом сваю после приобретения бетоном достаточной прочности подвергают вибрированию мощным низкочастотным вибропогружателем, под воздействием которого происходит срыв сваи по боковой поверхности и ее осадка (добивка). В результате основание уплотняется, и его несущая способность увеличивается в 1,5—2 раза. Вибротрамбование прекращают по достижении заданного отказа.

Буронабивные сваи диаметром 0,6—2 *м* отличаются от описанных конструкцией и технологией изготовления (рис. V.11, *а—е*). Бурение ствола для таких свай обычно ведут без обсадных труб под слоем глинистого раствора. В нижней части ствола скважины специальным оборудованием разбуривают уширение. Разрушенные бурением породы уносит циркулирующий в скважине глиняный раствор, который очищают отстаиванием для повторного использования, а по мере надобности заменяют свежим.

По окончании бурения скважину заполняют бетоном (осадка конуса 18 *см*), используя метод вертикально перемещаемой трубы ВПТ (см. разд. VII, с. 221). Бетонирование ведут до отметки на 0,3—0,5 *м* выше проектной, чтобы верх бетонного стержня, в котором содержатся частицы глины, можно было сколоть до отметки низа ростверка.

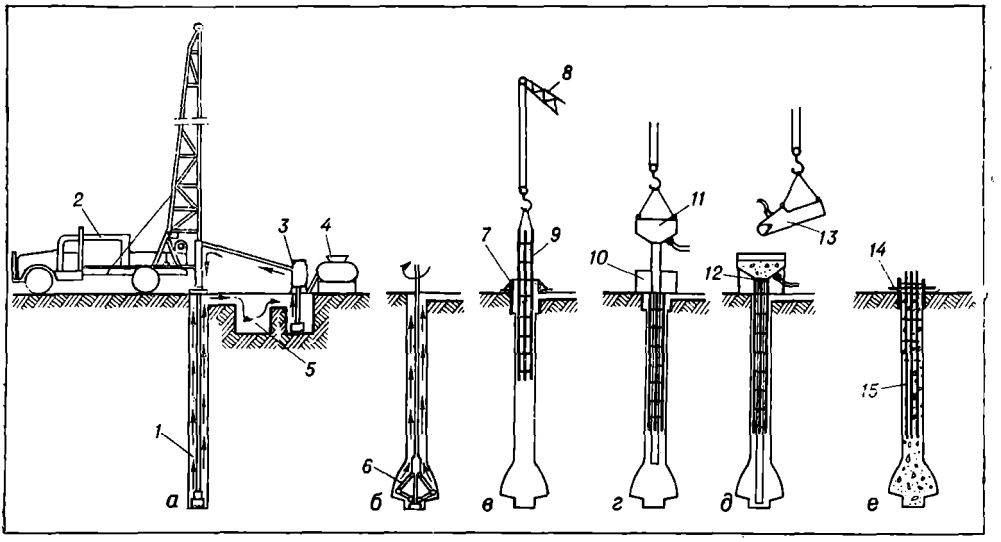


Рис. V.11. Технологическая схема устройства буронабивных свай под глинистым раствором:
а — бурение скважины под глинистым раствором; *б* — разбуривание уширения; *в* — установка кондуктора и арматурного каркаса; *г* — установка контейнера для пульпы и бетонолитной трубы; *д* — бетонирование сваи методом ВПТ; *е* — формирование головы сваи; *1* — скважина, заполненная глинистым раствором; *2* — буровой станок; *3* — насосная установка; *4* — глиносмеситель; *5* — отстойник пульпы; *6* — механический расширитель; *7* — кондуктор; *8* — стреловой кран; *9* — арматурный каркас; *10* — контейнер для пульпы, выжимаемой из скважины при ее бетонировании; *11* — вибробункер с бетонолитной трубой; *12* — клапан бункера; *13* — вибробадья; *14* — инвентарная опалубка оголовка сваи; *15* — готовая свая с уширенной пятой.

Набивные сваи любого типа нужно бетонировать без перерывов.

Если набивные сваи расположены ближе 1,5 *м* одна от другой, их изготовляют сначала через одну, чтобы не повредить соседней свежей сваи, а вторым проходом установки — пропущенные.

В процессе изготовления набивных свай ведут журналы, в которые записывают все данные о бурении и бетонировании.

§ 5. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ В МЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

В зимних условиях слой мерзлого грунта толщиной до 30 *см* стержневая свая пробивает под воздействием дизель-молота с ударной частью массой не менее 1,8 *т*. При большей толщине мерзлого слоя для устройства свай протаивают лунки электро- или паропрогревом или пробуривают скважины диаметром, близким к диаметру сваи.

В вечномерзлых грунтах применяют четыре способа погружения свай: забивку без предварительной подготовки грунтов; забивку в пробуренные лидерскважины, диаметр которых меньше поперечного сечения сваи; забивку в грунт, предварительно оттаянный на всю глубину погружения сваи; установку в пробуренную на всю глубину скважину, диаметр которой больше поперечного сечения сваи, с последующим замоноличиванием грунтовым раствором или шламом от мокрого бурения.

Все способы предусматривают смерзание сваи с монолитом вечномерзлого грунта на все время эксплуатации сооружения. Первые два способа применяют в районах, где вечномерзлые грунты находятся в пластично-мерзлом состоянии, третий и четвертый — в районах твердомерзлых прочносцементированных грунтов, имеющих температуру ниже —1,5° С.

Скважины в вечномерзлом грунте выполняют методами ударно-канатного и вращательного бурения или термобурами.

Для оттаивания грунта на всю глубину применяют паровые иглы. Погру-

жение свай в пропаренный грунт выполняют вибропогружателями.

Смерзание свай с массивом вечномерзлого грунта зависит от его температуры и времени года и продолжается от 6 до 50 дней.

Ускоряют промораживание предварительной вентиляцией скважины холодным наружным воздухом или охлаждением свай, для чего в них делают вертикальные полости, а иногда закладывают трубы, заполненные керосином. Последний хорошо охлаждает глубинные зоны скважины вследствие естественной циркуляции остывающих на морозе в верхней зоне частиц.

§ 6. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Правильность забивки свай контролируют по разбивочным осям. Допускаемые отклонения, зависящие от применяемых конструкций, регламентируются СНиП. В процессе забивки свай в журнале регистрируют все условия погружения и контрольный отказ, замеренный в трех последовательных залогах. Сваи, давшие проектный отказ, не дойдя до проектной отметки погружения, обследуют и по согласованию с проектной организацией либо продолжают погружать, либо заменяют другими сваями, забиваемыми во вновь назначенных местах.

Несущую способность забитых свай проверяют пробной добивкой. Набивные сваи контролируют по прочности контрольных бетонных кубиков. Несущая способность всех видов свай может быть установлена контрольным динамическим испытанием отдельных свай или статической нагрузкой. По результатам динамических и статических испытаний свай в случае необходимости вносят коррективы в проектные решения.

§ 7. ОХРАНА ТРУДА ПРИ СВАЙНЫХ РАБОТАХ

При ведении свайных работ нужно постоянно проверять надежность и устойчивость копров, путей их перемещения, подмостей и эстакад. Во время перемещений копровых установок сваебойное оборудование (молоты, вибропогружатели и др.) должно быть опущено в нижнее положение. На копрах нельзя оставлять не закрепленные предметы и инструменты. Если работы надо приостановить, молот не оставляют висящим на тросе, а ставят на голову сваи или закрепляют предохранительным шкворнем на стрелах.

Копры закрепляют на рельсах противоугонными устройствами, а при высоте копра более 10 *м*, кроме того, и растяжками. Чтобы сохранить устойчивость копра, сваи подтягивают к нему только через отводной блок, установленный у основания стрел.

Копровые установки, работающие на плаву и на льду, оборудуют средствами связи с берегом и спасательным инвентарем. Лунки во льду и скважины в мерзлых грунтах закрывают щитами.

Камуфлетные уширения устраивают, соблюдая требования, предусмотренные для взрывных работ.

Глава 3

ФУНДАМЕНТЫ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под здания и сооружения, чувствительные к неравномерным осадкам или передающие на фундамент значительные сосредоточенные нагрузки, нужны надежные основания из скальных, полускальных пород или малосжимаемых грунтов. Такие основания обычно залегают на большой глубине, иногда в нескольких десятков мегров и часто перекрыты водоносными пластами. В этих условиях применение открытого способа устройства фундаментов глубокого заложения технически сложно и экономически нецелесообразно. Их сооружают специальными методами: в виде глубоких буровых опор, опор из тонкостенных сборных оболочек, стен, сооружаемых методом «стена в грунте», опускных колодцев и кессонов.

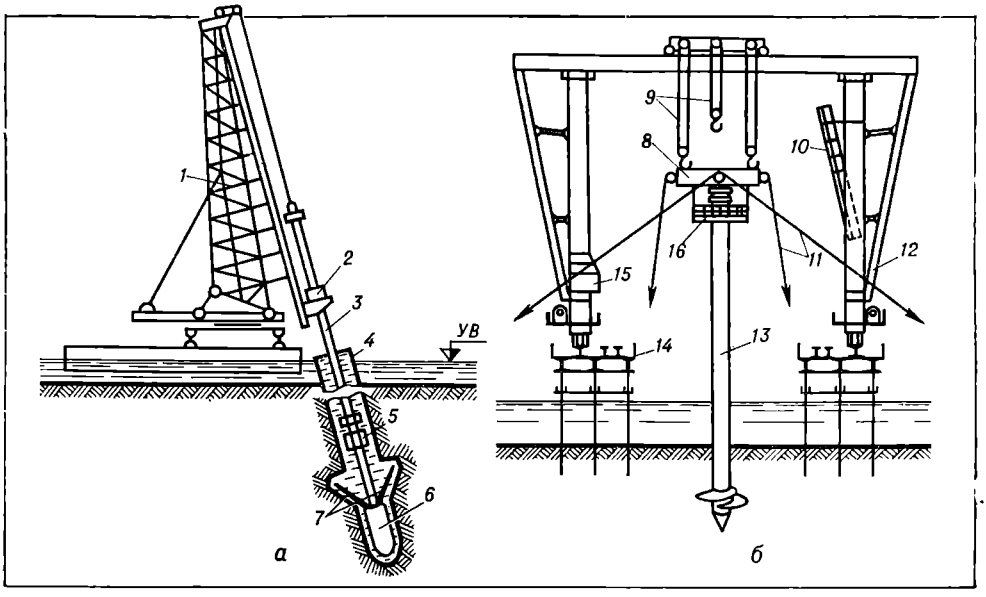


Рис. V.12. Устройство свай глубокого заложения:

а — глубокая буровая опора; *б* — винтовая свая-оболочка; *1* — копер; *2* — ротор; *3* — буровая колонна; *4* — инвентарная обсадная труба; *5* — направляющий барабан; *6* — фреза; *7* — раскрывающиеся ножи; *8* — электрокабестан; *9* — полиспасты; *10* — перекидная лестница к люльке кабестана; *11* — расчалки кабестана; *12* — портальный кран; *13* — винтовая свая-оболочка; *14* — эстакада; *15* — пульт управления; *16* — люлька, подвешенная к кабестану; УВ — уровень воды.

§ 2. ГЛУБОКИЕ БУРОВЫЕ ОПОРЫ

Эти опоры являются разновидностью буронабивных свай и аналогичны им по технологии устройства, но отличаются бóльшими размерами: их диаметры достигают 1,6; 2 и 3 *м*, а глубина — до 60 *м*. Для их изготовления специальным оборудованием бурят скважины, затем буровым расширителем разбуривают в основании уширения диаметром соответственно 2,5; 4 и 5 *м*. Оборудование пригодно в любых грунтах, кроме скальных и включающих крупные валуны (рис. V.12,*а*). Все работы выполняют под слоем глинистого раствора.

В реках глубиной до 4 *м* для бурового агрегата устраивают искусственные островки, при большей глубине рек бурение ведут с подмостей или наплавных средств. В этом случае бурят через инвентарную обсадную трубу, погружаемую предварительно в дно на 2 *м* ниже уровня возможного размыва.

После разбуривания уширения в скважину устанавливают арматурный каркас и бетонируют ее способом ВПТ, описанным в разд. VII (с. 221), с интенсивностью не менее 4 *м* по длине ствола в 1 *ч*. Верхний слой бетонной смеси, поднимающийся из скважины, удаляют на высоту загрязнения его глинистым раствором.

§ 3. ОПОРЫ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ СБОРНЫХ ОБОЛОЧЕК

Для таких фундаментов применяют металлические и железобетонные оболочки, собираемые из секций длиной до 12 *м*, диаметром до 4,5 *м*. Оболочки погружают завинчиванием, вибрированием и вдавливанием. Способы эти аналогичны применяемым при погружении свай и различаются лишь используемым оборудованием.

Преимуществом фундаментов из сборных тонкостенных оболочек является индустриальность их изготовления и возможность механизировать процессы погружения. Во многих случаях такие фундаменты заменяют опускные колодцы и кессоны (см. с. 127—134). Несколько меньшая несущая способность фунда-

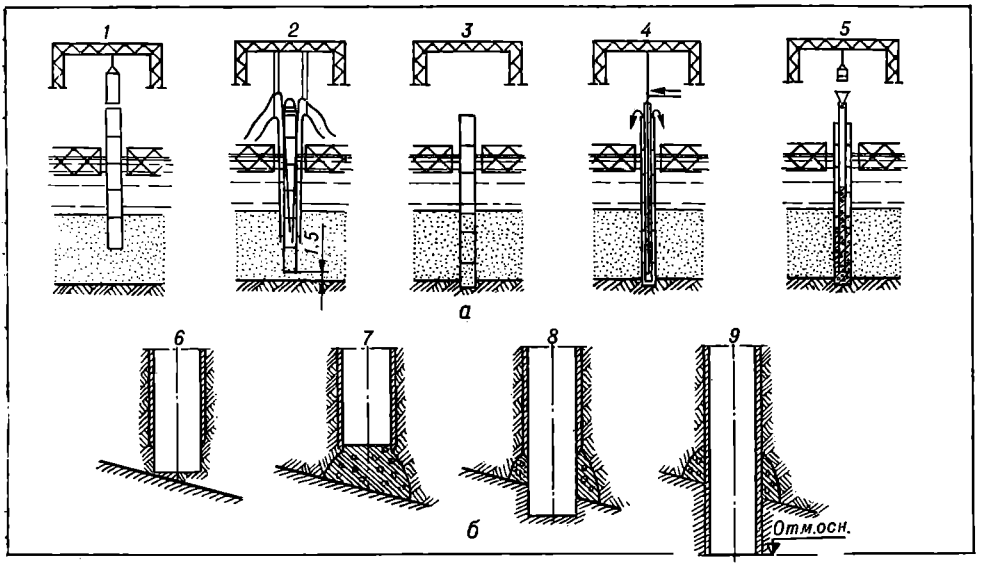


Рис. V.13. Погружение оболочек:

а — последовательность процессов вибропогружения оболочки с применением подмыва; *б* — схема посадки оболочки на грунт основания в сложных условиях; *1* — наращивание очередной секции; *2* — вибропогружение с подмывом; *3* — все средства погружения демонтированы (оболочка заполнена грунтом); *4* — удаление грунта промывкой оболочки водой под давлением до 1 *Мн/м²* (10 *ати*); *5* — заполнение оболочки бетонной смесью; *6* — оболочка, достигшая скального основания; *7* — в дно скважины уложен тампонажный слой бетона; *8* — вид скважины после разбуривания отвердевшего тампона вместе со слоем скального основания (или препятствием); *9* — оболочка скважины погружена до отметки основания.

ментов-оболочек компенсируется возможностью устройства из них кустовых опор, объединяемых общим железобетонным ростверком.

Оболочки, погружаемые завинчиванием, состоят из гладкого цилиндрического ствола, винтовых лопастей и острого наконечника. Лопасти и наконечник — металлические, ствол оболочки из железобетонных звеньев, соединенных болтами.

Для завинчивания крупных оболочек применяют специальный механизм — кабестан (рис. V.12, *б*), который вращает оболочку с частотой до 0,5 *об/мин*, развивая крутящий момент до 1000 *кн·м* (100 *тс м*). Кабестан, установленный на оболочку, расчаливают за платформу к неподвижным точкам (анкерным сваям, берегу) четырьмя тросами, обеспечивая этим устойчивость системы в рабочем положении и восприятие реактивного крутящего момента.

Оболочки завинчивают до момента, когда винтовые лопасти погружаются в плотный грунт. После этого полость оболочки полностью или частично заполняют бетоном низких марок.

Метод вибропогружения оболочек в сочетании с гидромеханизацией и бурением (рис. V.13,*а*) применяется для проходки в различных грунтах и обеспечивает надежный контакт с любыми основаниями, включая неразрушенные скальные породы, даже при наклонном их залегании (рис. V.13,*б*).

Возмущающая сила вибропогружателей должна превосходить в полтора-два раза их вес с оболочкой. Для погружения на большую глубину (30—40 *м*) вибропогружатели синхронного действия спаривают, доводя возмущающую силу до 500 *кн* (50 *тс*). Оболочки погружают вертикально и с наклоном до 6 : 1 Нужное положение им придают направляющими каркасами, которые собирают из универсальных инвентарных элементов, закрепляемых на местности анкерными сваями.

При опускании оболочки из нее непрерывно или периодически удаляют грунт. *Непрерывную разработку* грунта

ведут способом гидромеханизации, пропуская подающий и отводящий трубопроводы через специальные отверстия в наголовнике вибропогружателя. *Периодическую разработку* применяют, если грунты содержат каменистые включения или если нужно пробуривать верхний слой скалистых пород при посадке подошвы оболочки на основание.

Работы организуют одновременно на рядом стоящих оболочках, чтобы, сняв вибропогружатель на период разработки грунта с одной оболочки, его можно было использовать для погружения второй. Вибропогружатель переставляют после опускания каждой оболочки на 3—5 *м*. Песчаные грунты в процессе разработки удаляют до уровня ножа оболочки, глинистые грунты для облегчения погружения удаляют на 1—2 *м* ниже.

Разработку скальных пород на глубину выветрелого слоя или при наклонном залегании пласта ведут методом ударно-канатного бурения, применяя тяжелые долота массой до 7 *т*. Посаженную на проектную отметку оболочку очищают от грунта, промывают и бетонируют. Схема посадки оболочки на основание приведена на рис. V.13,*б*.

Если есть подпор грунтовых вод, оболочку перед бетонированием заполняют водой до уровня грунтовых вод и затем тампонируют методом подводного бетонирования.

Когда бетон приобретает требуемую прочность, воду откачивают и дальнейшее бетонирование ведут насухо, заполняя всю полость оболочки или только утолщая ее стенки.

Погружение оболочек вдавливанием применяют на открытых акваториях, когда плотные малосжимаемые грунты залегают под мощным слоем слабых и илистых грунтов.

Работы по вдавливанию оболочек ведут с помощью плавучего крана. Оболочку собирают из секций, соединяя их фланцы сваркой или на болтах. Металлические стыки секций для защиты от коррозии покрывают битумной обмазкой. Нижнюю секцию в процессе изготовления соединяют с режущей металлической конструкцией — ножом.

Оболочки вдавливают многотонным пакетом железобетонных плит. Этот груз опускают на подготовленную к монтажу расчаленную оболочку. В нижних плитах пакета устроено отверстие для пропуска ствола оболочки, что обеспечивает центровку нагрузки; верхняя плита имеет пяты, передающие нагрузки на венец оболочки. Под давлением груза оболочка быстро проходит слой слабых или илистых грунтов и надежно погружается в подстилающий плотный грунт. После этого груз снимают, полость оболочки освобождают от илистого грунта средствами гидромеханизации и заполняют бетонной смесью.

§ 4. УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ МЕТОДОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

Устройство фундаментов и стен заглубленных сооружений в неустойчивых водонасыщенных грунтах успешно осуществляется методом «сборная стена в грунте» (рис. V.14,*а*, *б*, *в*). Сущность метода заключается в том, что узкая траншея для будущих стен и фундаментов заглубленного сооружения отрывается сразу на полную глубину специальным штанговым экскаватором или широкозахватным грейфером под слоем глинистого тиксотропного раствора. Гидростатическое давление последнего предотвращает обрушение грунтовых стен и проникание грунтовой воды в траншею.

Стены монтируют из сборных тонкостенных панелей, устанавливаемых на слой щебня, подсыпаемого на дно траншей. Очередную панель, погружаемую в траншею, фиксируют впереди кондуктором, а позади инвентарным швеллером, соединяющим ее в замок с закладными деталями предыдущей панели.

Зафиксированные в проектном положении панели стены замоноличивают фундаментной подушкой. Бетонную смесь подушки укладывают одновременно по обе стороны панелей через бункер по двум бетонолитным трубам. По мере продвижения фронта работ пазухи траншеи заполняют засыпкой, вытесняя глинистый раствор в сторону забоя экскаватора: наружную пазуху заполняют глинощебеночной смесью, которая в дальнейшем служит гидроизоляцией, а внут-

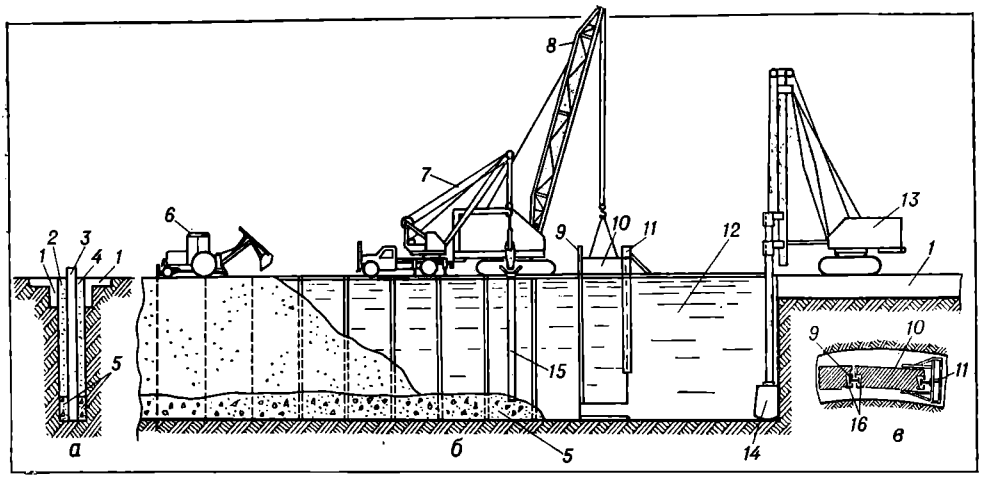


Рис. V.14. Технологическая схема метода «сборная стена в грунте»:

а — поперечный разрез траншеи после монтажа сборных панелей стены; *б* — продольный разрез траншеи по фронту всех процессов устройства сборной стены в грунте; *в* — схема стыкования очередной панели с предыдущими; *1* — облицовка пионерной траншеи; *2* — наружная забутовка глинощебеночным материалом; *3* — сборная панель; *4* — внутренняя забутовка песчано-гравийной смесью; *5* — нижнее (фундаментное) защемление панели бетоном; *6* — экскаватор, выполняющий забутовку; *7* — кран, переставляющий бетонолитную трубу и подающий бетон для защемления панели; *8* — кран, монтирующий панели стены; *9* — монтажный шаблон-двутавр; *10* — панель; *11* — направляющий кондуктор; *12* — траншея, заполненная глинистым раствором; *13* — штанговый экскаватор; *14* — ковш экскаватора; *15* — сдвоенная бетонолитная труба; *16* — направляющие уголки из коротких отрезков.

реннюю — легкоразрабатываемой грунтопесчаной смесью.

Стены в плане могут быть прямоугольного или круглого очертания. После замыкания контура стен ведут поярусную разработку грунта внутри контура до заданной отметки дна. Открывающиеся при этом стыки панелей окончательно заделывают бетоном.

Устройство заглубленных сооружений и их фундаментов методом «стена в грунте» позволяет значительно сократить объем земляных работ по сравнению с открытым способом, освобождает от необходимости водопонижения, уменьшает объем водоотлива, предотвращает движение грунтовых вод, что обеспечивает сохранность оснований соседних сооружений.

§ 5. УСТРОЙСТВО ОПУСКНЫХ КОЛОДЦЕВ

Опускные колодцы применяют для устройства фундаментов глубокого заложения и опускных (заглубленных) сооружений. В плане опускные колодцы бывают круглые, иногда эллиптические и прямоугольные, а по очертанию наружной поверхности — цилиндрические, конические и ступенчатые. Цилиндрические наиболее просты в изготовлении, но при погружении испытывают наибольшее сопротивление вследствие плотного обжатия грунтом по всей высоте, потому их применяют при небольшой глубине погружения (до 10 *м*). Наиболее целесообразна ступенчатая форма. Изготовление цилиндрических секций каждой ступени несложно, а благодаря уменьшению диаметра верхних секций облегчается погружение конструкции.

Материалом для опускных колодцев служит железобетон. В нижней части колодец оборудован ножом, обычно железобетонным, режущая кромка которого облицована стальными уголками или листами.

Сущность метода устройства опускных колодцев состоит в том, что конструкцию возводят (устанавливают) на поверхности земли, а затем внутри нее подрабатывают грунт в направлении от центра к ножу (рис. V.15,*а*). Нож, утрачивая опору с внутренней стороны, под действием веса лежащих выше конструкций выдавливает грунт внутрь, и колодец опускается. По мере углубления

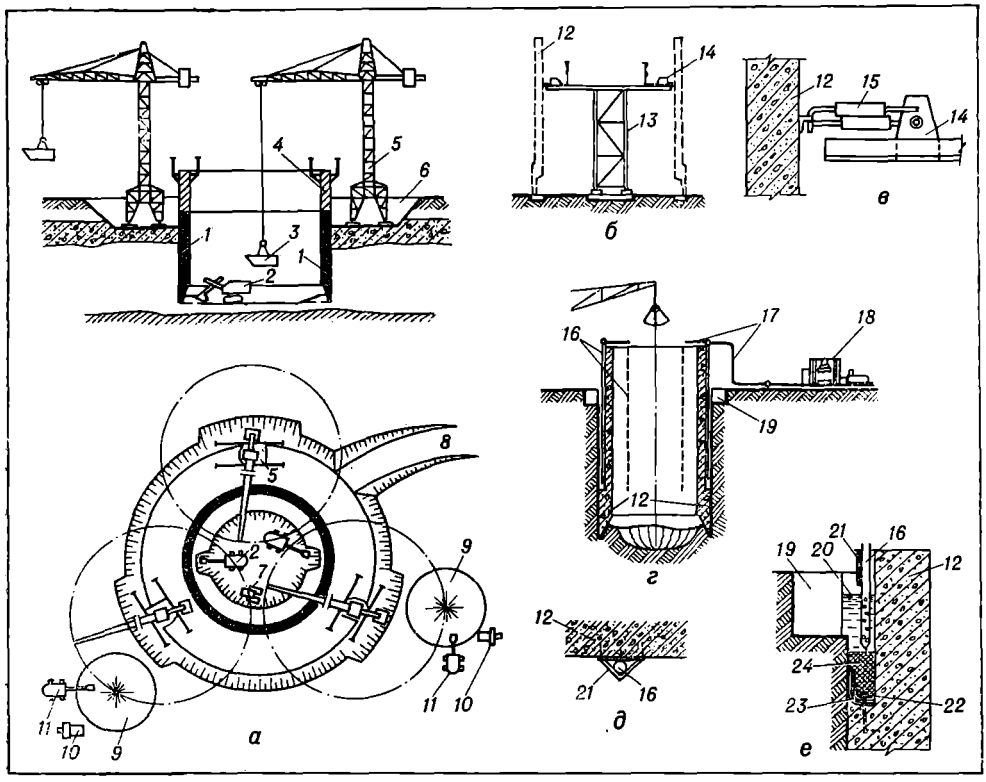


Рис. V.15. Погружение опускных колодцев:

а — схема совмещенного бетонирования и погружения колодца; *б* — кондуктор для монтажа тонкостенного колодца из сборных панелей; *в* — деталь крепления панели к кондуктору; *г* — схема погружения сборного колодца к тиксотропной рубашке; *д* — деталь крепления инъекционных труб к колодцу; *е* — деталь устройства форшахты, манжета ножа и инъекционных труб; *1* — стены колодца с ножом; *2* — экскаваторы; *3* — бадья для грунта; *4* — опалубка с подмостями наращиваемого яруса стен; *5* — кран; *6* — котлован; *7* — бульдозер; *8* — въездная траншея; *9* — отвалы грунта; *10* — самосвалы; *11* — экскаваторы на погрузке; *12* — стеновая панель сборного колодца; *13* — башня кондуктора; *14* — кронштейн кондуктора; *15* — фаркопф для закрепления панели; *16* — инъекторы для подачи тиксотропного раствора; *17* — трубопровод для подачи раствора; *18* — установка для изготовления раствора; *19* — форшахта; *20* — рубашка из тиксотропного раствора; *21* — уголок крепления инъектора к панели стены; *22* — болт с уголком для крепления манжета к уступу ножа; *23* — трехслойный манжет из конвейерной ленты; *24* — глиняный замок.

колодца его наращивают по высоте. Работы выполняют по этапам: сперва бетонируют нож колодца и его первый ярус. После выдерживания и распалубки бетона колодец начинают опускать, одновременно бетонируя второй ярус, и т. д.

Для успешного погружения колодца его вес Q должен превосходить общую величину силы бокового трения грунта T не менее чем на 25%, т. е.

$$Q = 1{,}25\ T\ кн(тс). \qquad (V.3)$$

При простейшем способе проверки соотношения этих величин считают, что силы трения грунта на единицу боковой поверхности стенки колодца возрастают до глубины 5 *м*, а далее остаются неизменными. Силы трения принимают по опытным данным в зависимости от характера грунта в пределах 10—30 $кн/м^2$ (1—3 $тс/м^2$). Вес круглого колодца определяют по формуле

$$Q = \pi (R^2 - r^2) h_c \gamma_c\ кн(тс), \qquad (V.4)$$

где R и r — наружный и внутренний радиусы стен, *м*; h_c — проектная (или фактическая) высота стен колодца, *м*; γ_c — вес 1 $м^3$ материала стен, $кн/м^3$ ($тс/м^3$).

Силу бокового трения вычисляют так:

$$T = 2\pi R\,(h_c - h_a) f \quad кн(тс), \quad (V.5)$$

где h_a—$^1/_2$ высоты, на которой силы трения считают переменной величиной, *м*; f — сила трения грунта на единицу боковой поверхности колодца, принимаемая постоянной, *кн/м²* (*тс/м²*).

В случаях, когда часть колодца находится ниже уровня грунтовых вод, расчетный вес 1 *м³* его стен $\gamma_{р.с}$ принимают с учетом взвешивающего давления воды по формуле

$$\gamma_{р.\,с} = \frac{\gamma_c\,(h_c - h_{с.\,п.\,в}) + (\gamma_c - \gamma_в)\,h_{с.\,п.\,в}}{h_c}$$

$$кн/м^3 \ (тс/м^3), \quad (V.6)$$

где $h_{с.п.в}$ — высота стен под водой, *м*; $\gamma_в$ — вес 1 *м³* воды, *тс/м³*.

Если в результате проверки окажется, что вес колодца недостаточно превышает силу трения о грунт, увеличивают толщину стен колодца с целью его утяжеления, либо уменьшают силу трения стен колодца о грунт применением нодмыва или устройством тиксотронной рубашки. При этом руководствуются техническими соображениями, экономическими расчетами и местными условиями.

Устройство фундаментов глубокого заложения из опускных колодцев состоит из подготовительных работ; изготовления конструкций колодца; погружения его до проектной отметки; заполнения бетоном.

Опускные колодцы можно устраивать как с поверхности суши, так и с местности, залитой водой.

Подготовительные работы на поверхности суши заключаются в устройстве котлована в верхних сухих грунтах открытым способом. Это несколько снижает высоту стен опускного колодца, облегчает его погружение и уменьшает стоимость сооружения. Дно котлована должно быть на 0,5—1 *м* выше уровня грунтовых вод; его планируют под горизонтальную плоскость и уплотняют, чтобы удобно было вести дальнейшие работы. Размер котлована выбирают, исходя из выбранной схемы механизации работ (расположение механизмов, путей их движения, возможности для подъезда и маневрирования транспортных средств). В колодцах малого размера краны или экскаваторы располагают за пределами котлована, в больших — в котловане (рис. V.15,*а*).

В случае опускания колодцев на местности, покрытой водой, работы ведут с искусственных островков или подмостей. Верх островков принимают на 0,5 *м* выше уровня воды, предполагаемого в период опускания колодца. Островки отсыпают с откосами (при малой глубине водоема) либо в шпунтовом ограждении (при большой глубине или сильном течении). Вместо островков для сооружений колодцев можно использовать подмости свайного или плавучего типов.

Изготовление конструкций колодцев. Железобетонные стены колодцев устраивают в деревянной опалубке из вертикально расположенных строганых с внутренней стороны досок. Бетонную смесь укладывают слоями и вибрируют глубинными вибраторами. Очередной слой для обеспечения надежности стыка укладывают до начала схватывания предыдущего.

Распалубку ножа и нижней ступени колодца начинают только после достижения бетоном конструкций 100%-ной проектной прочности, верхние ступени можно распалубливать при 70%-ной прочности.

В ряде случаев верхние ступени бетонируют одновременно с погружением нижней ступени колодца. Скорость погружения в этом случае должна быть увязана со скоростью наращивания колодца и приобретением бетоном нужной прочности. В то же время увеличение веса стен не должно отставать от возрастающего сопротивления погружению.

Опускают колодцы двумя способами: с водоотливом и без него.

Разработку с водоотливом применяют, если приток грунтовых вод невелик и вблизи нет сооружений, чувствительных к осадкам. Этот способ имеет и преимущества. Поскольку работы идут на открытой поверхности, лучше используется землеройная техника. Кроме того, в колодцах больших диаметров могут работать экскаваторы с наиболее производительной прямой

лопатой и бульдозеры. При необходимости ведут обычными методами взрывные работы. Разрыхленный грунт нагружают в бадьи и удаляют кранами.

Без водоотлива колодцы можно опускать в соседстве с любыми сооружениями. Плотные грунты разрабатывают грейферами, а слабые — гидроэлеваторами с дополнительным подмывом или эрлифтами. При погружении без водоотлива надо все время поддерживать отметку воды в колодце на уровне грунтовых вод. Это предотвращает наплыв грунтов из-под ножа в колодец, уменьшает объем разработки и исключает осадки соседних сооружений.

В процессе погружения любым из двух способов надо постоянно наблюдать за вертикальностью колодца и скоростью его погружения, а при работе без водоотлива — еще и за уровнем грунтовых вод. Перекосы нужно немедленно исправлять, *выбирая грунт у ножа отстающей стороны.* Остановка колодца при достаточной подработке дна свидетельствует о защемлении его верхней части, которое устраняют *подмывом грунта.* Трубы для подачи воды размещают по периметру внешней стороны колодца на равном расстоянии друг от друга.

Крайним средством принудительного опускания следует считать *дополнительную пригрузку* массивными бетонными блоками или другими тяжелыми строительными деталями. Для размещения нагрузки колодец перекрывают настилом, оставляя в нем рабочий люк.

Тиксотропная рубашка, устраиваемая вокруг колодца, наиболее эффективно содействует процессу погружения. Тиксотропный раствор снижает силу трения между стенками колодца и грунтом в сотни раз. Поэтому для погружения в тиксотропной рубашке применяют тонкостенные конструкции, намного более легкие, чем обычные опускные колодцы. Таким образом ускоряется процесс погружения колодцев, достигается экономия материалов и индустриализация производства — стены опускных колодцев изготовляются из сборных элементов (рис. V.15, *б*, *в*).

Наружный размер ножа делают на 10—15 *см* больше по сравнению с размером колодца. Получившийся уступ образует вокруг колодца полость, которую заполняют тиксотропным раствором. По периметру уступа крепят резиновый манжет, предотвращающий проникание тиксотропного раствора внутрь колодца. На поверхности земли вокруг колодца из бетонных элементов собирают форшахту — кольцевой резервуар, что предохраняет верх полости от обрушения стенок. По мере надобности раствор в полость подкачивают через инъекторы (рис. V, 15, *г*, *д*, *е*).

Опущенные до проектной отметки колодцы в зависимости от их назначения полностью или частично заполняют бетоном.

Сначала бетонируют днище. При незначительном притоке грунтовых вод его можно бетонировать в осушенном колодце. Если же работы проводились без водоотлива, днище также бетонируют под водой. Толщину днища назначают такой, чтобы после затвердения бетона и осушения колодца оно могло выдержать гидростатический напор грунтовых вод. Для устройства бетонного днища под водой применяют методы вертикально перемещаемой трубы и метод восходящего раствора (см. разд. VII, с. 221).

§ 6. ПОГРУЖЕНИЕ КЕССОНОВ

Кессонный метод устройства фундаментов глубокого заложения применяют, когда погружению обычных опускных колодцев мешает сильный наплыв грунта либо если грунты содержат крупные включения твердых пород, а большой приток воды осложняет работы по осушению.

Оболочка фундамента (рис. V.16, *а*) должна иметь в нижней части кессонную камеру с ножом и перекрытием, а также шахту со шлюзом.

Сущность метода заключается в том, что во время погружения оболочки в ее кессонную камеру нагнетается сжатый воздух, вытесняющий грунтовые воды за пределы ножа. Тогда внутреннее давление воздуха предотвращает наплыв грунта, и разработку твердых включений ведут в осушенном пространстве камеры. Для входа в кессоны и транспор-

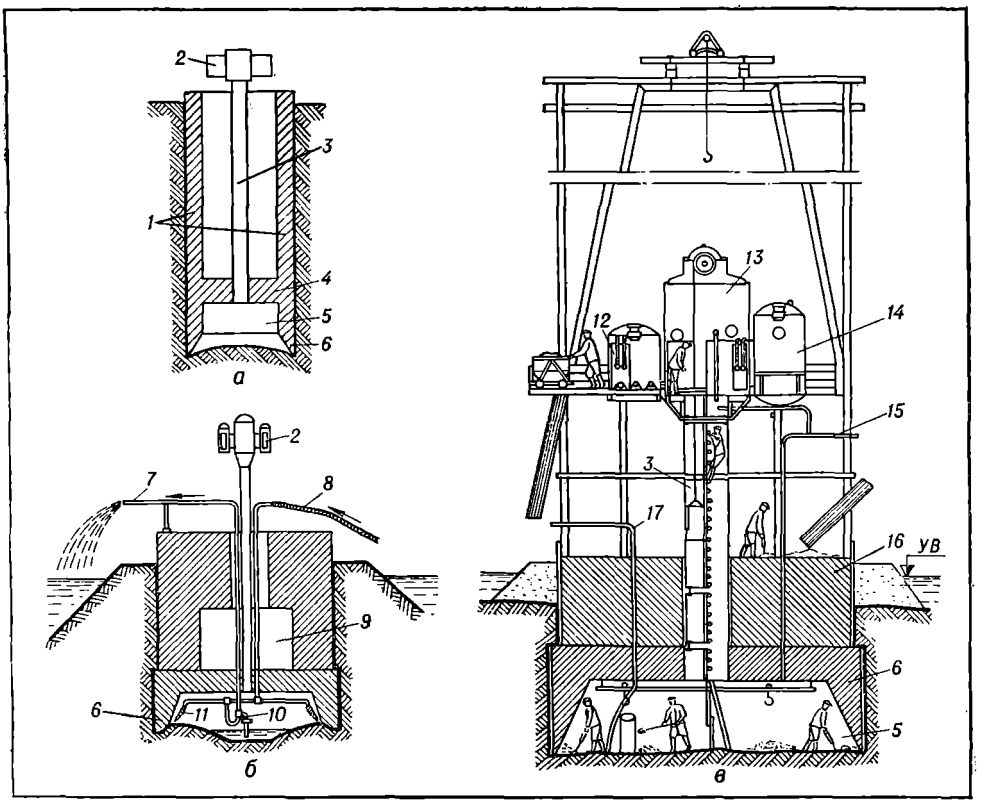


Рис. V.16. Кессонный метод устройства фундаментов:

а — основные элементы кессона; *б* — погружение кессона при помощи гидромеханической установки с дистанционным управлением; *в* — схема погружения кессона при разработке грунта средствами малой механизации; *1* — надкамерные стены; *2* — шлюзовой аппарат; *3* — шахтная труба; *4* — потолок камеры; *5* — кессонная камера; *6* — консоль камеры с ножевой частью стены; *7* — отвод пульпы; *8* — подача воды от насосной станции; *9* — камера наблюдения и дистанционного управления; *10* — гидроэлеватор, удаляющий пульпу; *11* — вращающийся гидромонитор; *12* — материальная прикамера шлюза; *13* — центральная камера шлюзового аппарата; *14* — пассажирская прикамера; *15* — подача сжатого воздуха; *16* — надкессонный массив кладки; *17* — сифонная труба для удаления просочившейся воды и избыточного воздуха; УВ — уровень воды.

тирования вынутого грунта служит шлюзовой аппарат, имеющий герметизированные двери наружу и люк в шахту.

Сжатый воздух в кессон и шлюзовой аппарат подают раздельно. Внезапное снижение давления в кессоне может привести к аварии и тяжелым заболеваниям рабочих, поэтому двери и люки всегда делают открывающимися в сторону бóльшего давления, чем исключается случайная потеря воздуха. Чтобы открыть наружную дверь, когда кессон находится под давлением, нужно закрыть люк в шахту и снизить давление в шлюзовом аппарате. Когда внешнее и внутреннее давления уравняются, дверь можно открыть. При этом давление воздуха в шахте и кессоне сохранится. Войдя в шлюзовую камеру, наружную дверь закрывают. Затем поднимают давление воздуха внутри камеры до уровня давления в кессоне. Только после этого можно открыть люк шахты для входа рабочих или транспортирования грунта.

Шахту монтируют из звеньев труб на фланцах. Ее можно наращивать при опускании, не снижая давления в кессоне. Для этого закрывают люк на потолке кессона, снижают давление в шахте и выполняют работы по наращиванию.

Кессоны, как и опускные колодцы, погружаются в грунт под действием веса конструкций. Но погружению здесь препятствует не только сопротивление

грунта, а и давление воздуха в кессонной камере. Успешное погружение определяется следующим соотношением активных и реактивных сил:

$$Q_1 + Q_2 > T + P_3\omega_1 + 100P_в\omega_2 \ кн(тс), \quad (V.7)$$

где Q_1— вес кессонной камеры, *кн* (*тс*); Q_2— то же, надкессонного строения, *кн* (*тс*); T — общая сила бокового трения колодца о грунт, *кн* (*тс*); P_3— давление грунта под ножом кессона, *кн*/*м*^{2} (*тс*/*м*^{2}); 100 $P_в$— избыточное давление воздуха в кессоне, *кн*/*м*^{2} (*тс*/*м*^{2}); ω_1—площадь внутренней поверхности ножевой части кессона, *м*^{2}; ω_2— площадь кессона по наружному очертанию, *м*^{2}.

Регулируя в определенных пределах избыточное давление воздуха, можно управлять процессом погружения и уровнем воды в кессоне.

Сооружение фундаментов глубокого заложения кессонным методом включает следующие процессы: подготовительные работы; изготовление кессона и оболочки; погружение конструкции до проектной отметки; заполнение оболочки.

На суше, островках и подмостях работы ведут так же, как и при устройстве опускных колодцев.

Для погружения наплавным способом кессонную камеру частично обстраивают стеной оболочки с таким расчетом, чтобы при закрытом потолочном люке камеры пустая оболочка придавала сооружению надежную плавучесть во время транспортирования. Отбуксированный к месту погружения кессон расчаливают к анкерным сваям. Обеспечив таким образом точность посадки, его затопляют, нарастив предварительно шахту так, чтобы после погружения она возвышалась над поверхностью воды. Затем на шахте монтируют шлюзовую камеру, подают сжатый воздух в кессонную камеру, осушают ее и приступают к погружению. В течение подготовительного периода должна быть смонтирована компрессорная станция с резервными агрегатами и разводящая сеть.

Во время погружения оболочки ее стены наращивают до верхнего стыка звеньев шахты. В момент погружения ниже уровня воды давление воздуха в кессоне поднимают и по мере углубления увеличивают его так, чтобы несколько превысить гидростатическое давление на уровне ножа. Только в этом случае обеспечивается полное осушение камеры кессона.

Обычно грунт в кессонной камере разрабатывают методами гидромеханизации: размывают гидромониторами и удаляют пульпу гидроэлеватором. Управление стволами гидромониторов бывает ручное (тогда оператор находится в кессонной камере) или дистанционное — тогда он находится в специальной надкессонной камере, в которой сохраняется нормальное давление воздуха. Наблюдают за ходом работ через перископы. Схема подобной установки приведена на рис. V.16, *б*. Гидромеханическую разработку плотных грунтов ведут от ножа к середине, в слабых грунтах — только в средней части дна. Слабый грунт из-под ножа выдавливается под действием веса конструкции и сползает в центральную воронку, а здесь подвергается размыву струей гидромонитора и удаляется гидроэлеватором.

По мере опускания кессона возрастают силы бокового трения и давление сжатого воздуха на потолок камеры, вследствие чего движение кессона замедляется, а при равновесии этих сил может совсем прекратиться. Тогда для дальнейшего погружения применяют форсированный способ посадки кессона. Для этого по периметру ножа разрабатывают траншею глубиной до 0,5 *м*, затем все работающие покидают кессонную камеру и избыточное давление в ней снижают, но не более чем наполовину. В результате равновесие активных и реактивных сил нарушается, и кессон быстро погружается до упора ножа в дно траншеи. После этого давление воздуха опять поднимают и разрабатывают грунт в центре камеры.

Если грунты не поддаются гидромеханизации, приходится разрабатывать их вручную пневматическими инструментами и мелкими взрывами (рис. V. 16, *в*). Плотные грунты в этом случае разрабатывают в ином порядке. Вначале вдоль периметра ножа вырабатывают траншею глубиной до 0,5 *м*, начиная

между фиксированными точками и продвигая ее так, чтобы грунт против этих точек был вынут в последнюю очередь. Затем расширяют траншею, вырабатывая грунт в сторону ножа.

Когда опорная площадь ножа уменьшается, кессон погружается до упора ножа в дно траншеи. При проходке скальных пород выработку траншеи расширяют за пределы ножа наружу на 10—15 *см*, иначе кессон может быть зажат случайными осколками или неровностями и получится перекос.

Работа людей в кессоне допускается при давлении не свыше 0,4 *Мн/м²* (4 *ати*), что соответствует глубине 40 *м*, но так как давление в кессоне должно на 10% превышать давление столба воды, то практически достижима глубина погружения всего 36 *м*. Погружение глубже 40 *м* возможно при автоматической разработке грунтов или дистанционном управлении механизмами.

§ 7. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Устройство фундаментов глубокого заложения в зимних условиях осложняется необходимостью преодолевать толщу мерзлого слоя грунта в начале опускания и возможностью смерзания грунта с конструкциями в процессе их погружения.

Чтобы предотвратить смерзание, применяют обычные методы электропрогрева, но принимают специальные меры техники безопасности, потому что в зоне прогрева работают люди, занятые погружением сооружения и наращиванием его стен. Электропрогрев целесообразен и при бетонировании стен сооружения: оба процесса обеспечиваются одним и тем же оборудованием.

Смерзанию грунтов со стенами препятствует также подмыв, которым облегчают погружение конструкций. Образующиеся при этом наледи систематически скалывают.

При погружении опускных колодцев в тиксотропных рубашках зимой предусматривают утепление установки для приготовления раствора и его подогрев в пределах форшахты обычными методами электропрогрева.

§ 8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ГЛУБОКИХ ФУНДАМЕНТОВ

Основными требованиями к качеству фундаментов глубокого заложения являются правильное, соответствующее проекту положение конструкций и обеспечение заданной несущей способности. Как уже указывалось, фундаменты глубокого заложения проектируют обычно опертыми на прочные материковые слои. Поэтому перед заполнением конструкций бетоном надо убедиться в том, что достигнута проектная отметка, и освидетельствовать состояние грунта основания. Если колодец опущен без водоотлива, эту работу выполняют водолазы. Глубину и состояние дна скважин определяют мерником. При необходимости проверить свойства основания из его толщи выбуривают керны. Если работы выполнены без водоотлива, сначала укладывают тампонажный слой бетона и после его затвердения сквозь него выбуривают керны, которые отправляют на исследование в лабораторию.

Смещение колодцев и кессонов в плане допускается не больше чем на 0,01 глубины погружения, тангенс угла отклонения оси от вертикали не должен превышать 0,01.

§ 9. ОХРАНА ТРУДА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

При погружении оболочек большую опасность представляют их шахты, пока они не заполнены бетоном. Зону незабетонированных оболочек ограждают и обозначают предупредительными надписями. Ограждать надо места работы кранов, буровых установок и зоны взрывных работ.

Шлюзовые аппараты, шахтные трубы и системы подачи воздуха кессонов подвергают испытанию гидравлическим давлением, превышающим максимальное рабочее давление в 1,5 раза. Компрессорную станцию обеспечивают резервными компрессорами. Компрессорная рабочая камера кессона, камера шлюзового аппарата, насосная станция, контора производителя работ, медпункт и

лечебный шлюз должны быть соединены местной телефонной связью. В кессонах, погружаемых в слабые грунты, устраивают шпальные клетки, предупреждающие возможность внезапной осадки.

Работа в кессоне под большим давлением опасна для здоровья, поэтому по мере повышения давления с 0,01 до 0,39 *Мн/м*^{2} (0,1÷3,9 *ати*) продолжительность рабочего дня сокращают от 5,2 до 2,4 *ч*, а время шлюзования при входе в кессонную камеру и выходе из нее увеличивают.

Не менее важны требования к температуре подаваемого воздуха: при давлении до 0,2 *Мн/м*^{2} (2 *ати*) она должна составлять +16÷20° С, при давлении до 0,4 *Мн/м*^{2} (4 *ати*) — от +18 до +26° С. На каждого рабочего требуется подать 25 *м*^{3} сжатого воздуха в час.

РАЗДЕЛ VI

ВОЗВЕДЕНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

процесс и способы каменной кладки
Техника безопасности

Глава 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ КЛАДКИ

Каменные конструкции возводят из природных и искусственных камней вручную или с помощью кранов, укладывая их на строительном растворе с соблюдением определенных правил.

В зависимости от вида применяемых камней различают такие виды кладки:

к и р п и ч н у ю — из глиняного или силикатного кирпича, укладываемого вручную при устройстве сплошных и облегченных стен, столбов, арок, сводов, промышленных печей и труб;

м е л к о б л о ч н у ю — из природных, бетонных и керамических камней, масса которых допускает укладку их вручную для возведения стен, перегородок и столбов;

т е с о в у ю — из природных обработанных камней правильной формы, укладываемых вручную или краном при облицовке монументальных зданий и инженерных сооружений;

б у т о в у ю — из природных камней неправильной формы (бута) и б у т о б е т о н н у ю — из бута и бетона, которые применяют для устройства фундаментов, стен подвалов, подпорных стен, а иногда и стен зданий;

к р у п н о б л о ч н у ю — из блоков (бетонных, кирпичных или из природного камня), устанавливаемых кранами при возведении фундаментов и стен зданий.

Кладку можно выполнять с облицовкой из природных или искусственных камней.

Элементы кладки (рис. VI.1, *а*). Камень, уложенный длинной стороной вдоль стены, называется *ложком*, короткой стороной — *тычком*. Ряды кладки, состоящие из камней, уложенных вдоль граней стены, называются *верстами*, а заполнение между верстами — *забуткой*. Если верста состоит из ложков, весь ряд называют *ложковым*, из тычков — *тычковым*. Поверхности камней, передающие и воспринимающие усилия, называются *постелями*, а пространства между камнями в продольном и поперечном направлениях, заполненные раствором,— *швами* (горизонтальными, вертикальными).

Степень заполнения раствором швов в процессе кладки зависит от последующей отделки стен. Если стена в дальнейшем оштукатуривается, то для лучшей связи штукатурного слоя с кладкой швы на глубину 1—1,5 *см* не заполняют раствором. Такая кладка называется *впустошовку*. Если же наружные поверхности стен останутся неоштукатуренными, швы заполняют полностью, придавая им любую форму: выпуклую, вогнутую, прямоугольную, треугольную и др. (~~рис. VI.1,б~~). Такая кладка называется *под расшивку*.

§ 2. ПРАВИЛА РАЗРЕЗКИ КЛАДКИ

Фундаменты и стены зданий, колонны, своды и арки, т. е. конструкции, которые в процессе эксплуатации воспринимают сжимающие усилия, возводят из камня.

Каменная кладка должна представлять собой монолит, в котором уложенные камни не смещались бы под влиянием действующих на кладку нагрузок. Для предотвращения возможных перемещений камни укладывают с соблюдением правил разрезки кладки, обусловливающих расположение рядов кладки, разделение каждого ряда на отдельные камни и размещение швов в соседних рядах кладки.

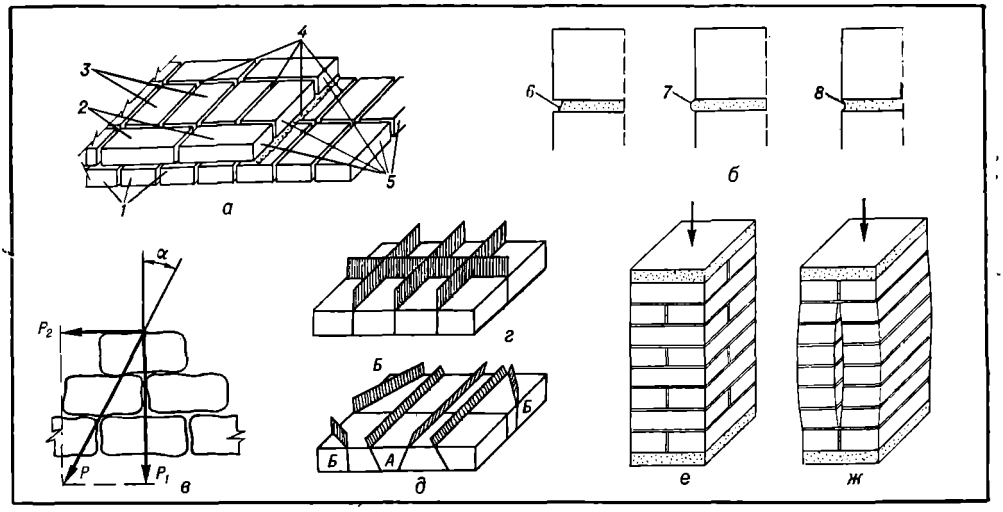


Рис. VI.1. Элементы кладки и правила разрезки:
а — элементы кладки; *б* — расшитые швы; *в* — воздействие на кладку наклонной силы; *г* — правильное и *д* — неправильное расположение плоскостей разрезки; *е* — кладка с перевязкой швов; *ж* — кладка без перевязки швов; *1* — тычковый ряд; *2* — ложковый ряд; *3* — забутка; *4* — швы; *5* — версты (внутренняя и наружные); *6, 7, 8* — швы (неполный, выпуклый и вогнутый).

Первое правило разрезки требует, чтобы кладку вели рядами, ограниченными плоскостями, перпендикулярными к направлению действующих сил, или плоскостями, перпендикуляр к которым составил бы с направлением действующих сил угол α, не превышающий 15—17°

Если сила P будет приложена под меньшим углом к постели камня (рис. VI. 1,*в*), возникнет горизонтальное усилие $P_2 = P \sin \alpha$, стремящееся сдвинуть камень.

Этому сдвигу противодействует сила трения

$$fP_1 = fP \cos \alpha,$$

где f — коэффициент трения.

Положение камня устойчиво, когда

$$P \sin \alpha \leqslant fP \cos \alpha, \qquad \text{(VI.1)}$$

откуда $\operatorname{tg} \alpha \leqslant f$.

Коэффициент трения $f = \operatorname{tg}\varphi$, где φ — угол трения камня по камню, равный 30—35°. Подставив в неравенство значение f, получим $\operatorname{tg} \alpha \leqslant \operatorname{tg} \varphi$, откуда $\alpha \leqslant \varphi$, т. е. $\alpha \leqslant 30$—35°, а с учетом запаса прочности угол α не должен превышать $\varphi/2 = 15 \div 17°$.

Второе правило разрезки предусматривает, что внутри каждого ряда плоскости (вертикальные швы), разграничивающие одни камни от других, должны быть перпендикулярны к постели. При этом одна система плоскостей должна быть перпендикулярна к лицевой поверхности кладки, а другая — параллельна ей (рис. VI.1,*г*).

Отступление от этого правила приводит к тому, что отдельные камни, работая как клинья (рис. VI.1,*д*, камень *А*), под влиянием действующих нагрузок стремятся раздвинуть соседние камни. Кроме того, острые углы камней (рис. VI.1,*д*, камни *Б*) легко откалываются.

Согласно **третьему правилу**, вертикальные продольные и поперечные швы в смежных рядах (или через определенное их количество) не должны совпадать, т. е. должны быть перевязаны (рис. VI. 1,*е*).

Если это правило не соблюдается, нарушается монолитность кладки, и она превращается в отдельные неустойчивые столбы, которые могут расслоиться (рис. VI.1, *ж*).

§ 3. РАСТВОРЫ ДЛЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

Кладку ведут на растворе, которым выравнивают неровности на постелях камней и заполняют швы. Связывая отдельные камни между собой и более равномерно распределяя между ними усилия, затвердевший в швах раствор предохраняет кладку от продувания и проникновения воды.

По виду вяжущих растворы подразделяют на простые — цементные, известковые и глиняные — и сложные — цементно-известковые, цементно-глиняные.

Цементные растворы применяют для особо прочных подземных и наземных конструкций (сильно нагруженные столбы и стены, армированная кладка), а также для конструкций, возводимых в насыщенных водой грунтах.

Известковые растворы используют в сухих местах для кладки, рассчитанной на небольшие нагрузки. Эти растворы отличаются большой пластичностью, что способствует увеличению производительности труда каменщиков.

Цементно-известковые и цементно-глиняные растворы распространены наиболее широко. Их применяют при обычных нагрузках на кладку в сухих и влажных местах.

Растворы готовят механизированным способом в растворосмесителях принудительного перемешивания. Эти машины бывают передвижные с барабанами емкостью (по выходу готовой смеси) от 65 до 325 *л* и стационарные — от 330 до 1500 *л*. Стационарными растворосмесителями оборудуют заводы и установки для приготовления товарной растворной смеси. Передвижные смесители используют в приобъектных установках.

По роду заполнителей растворы делят на тяжелые (холодные) с объемной массой более 1500 *кг/м*^{3} и легкие (теплые), объемная масса которых менее 1500 *кг/м*^{3}.

Подвижность раствора зависит от водовяжущего отношения В/В и определяется величиной погружения в него стандартного конуса. Для бутовой кладки раствор должен иметь подвижность 4—15 *см*; для кладки из кирпича, бетонных, силикатных и природных камней правильной формы — 9—13 *см*. В районах с жарким и сухим климатом подвижность раствора для кирпичной кладки должна быть не менее 14—15 *см*.

Для повышения пластичности и водоудерживающей способности в растворы вводят пластифицирующие добавки (глину, известь, мылонафт, винсол, сульфитно-спиртовую барду — ССБ и др.).

Марки растворов, в соответствии с указаниями СНиП, принимают по прочности на сжатие, *кгс/см*^{2}: для обычных условий — 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200; в зимних условиях пользуются растворами более высоких марок: 10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200, 300. В каждом конкретном случае в проекте подбирают марки растворов, исходя из требований к прочности и долговечности сооружения, характера и условий работы его конструкций.

Составы растворов подбирают в строительных лабораториях.

Глава 2

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

§ 1. ДОСТАВКА И ПОДАЧА КИРПИЧА, КАМНЯ, КРУПНЫХ БЛОКОВ И ДЕТАЛЕЙ

В состав транспортных процессов, выполняемых при возведении каменных конструкций, входят: перевозка стеновых материалов, сборных конструкций и деталей, разгрузка их на площадке и подача на рабочие места; подъем и установка в проектное положение крупных блоков, сборных железобетонных, гипсошлаковых и других конструкций и деталей; подача в контейнерах оконных и дверных блоков, изделий и полуфабрикатов; подъем и спуск инвентарных подмостей; спуск порожних бункеров, ящиков и поддонов; вспомогательные работы на приобъектном складе.

Ведущей подъемно-транспортной машиной является монтажный кран. При

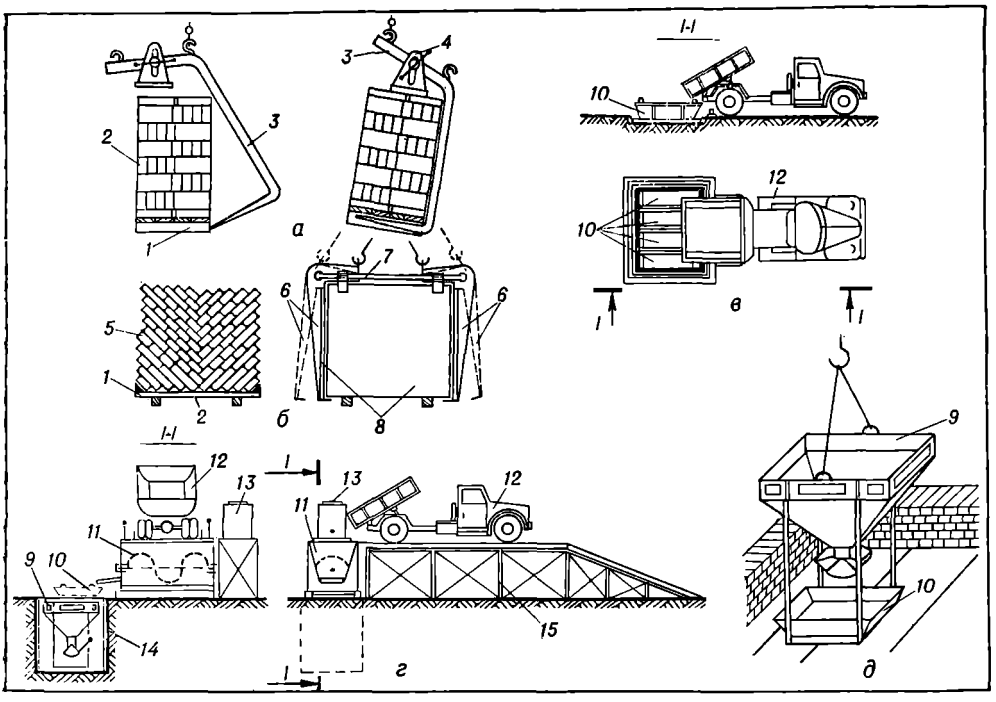


Рис. VI.2. Транспортирование и подача кирпича и раствора:

а — подача пакета кирпича вилочным подхватом (слева — подводка подхвата под поддон, справа — подъем пакета); *б* — то же, футляром (слева — пакет на поддоне, справа — подъем пакета); *в* — выгрузка раствора в ящики; *г* — прием, переработка и выдача раствора; *д* — бункер, поданный на рабочее место для выгрузки порций раствора; *1* — поддоны; *2* — пакет кирпича с перекрестной укладкой; *3* — вилочный подхват; *4* — прижим; *5* — пакет кирпича, уложенного «в елку»; *6* — рычаги подхвата-футляра; *7* — трубчатая рама; *8* — боковые стенки подхвата; *9* — раздаточный бункер для раствора; *10* — ящик; *11* — шнековый смеситель; *12* — автосамосвал; *13* — бак для раствора поташа; *14* — приямок для раздаточного бункера; *15* — эстакада.

строительстве 1—2-этажных зданий применяют самоходные стреловые краны на гусеничном или пневмоколесном ходу грузоподъемностью 4,5—40 *т*; для возведения 5-этажных зданий используют башенные краны типа КБ грузоподъемностью 3—5 *т*, а для 9—16-этажных зданий — башенные и приставные башенные краны грузоподъемностью 5—8 *т*.

Требуемое количество кранов для подъемно-транспортных и монтажных операций

$$N_к = \frac{\sum t}{ck_в} \text{ шт.}, \qquad \text{(VI.2)}$$

где $\sum t$ — суммарное расчетное количество машино-часов, необходимое в течение смены для производства работ, предусмотренных принятой технологией; c — продолжительность смены, *ч*; $k_в$ — коэффициент использования крана по времени, равный 0,8—0,9.

Расчеты выполняют для каждой смены и принимают количество кранов по большему значению $N_к$.

Кирпич и мелкие блоки транспортируют с заводов стеновых материалов уложенными на деревянные поддоны в пакеты с перекрестной перевязкой или «в елку» (рис. VI.2,*а*,*б*). Пакеты с перекрестной перевязкой перевозят на автомашинах, оборудованных ограждением, охватывающим и обжимающим пакеты. Для перевозки кирпича, уложенного в елку, дополнительные крепежные устройства не нужны. Однако на выкладывание елки и снятие кирпичей с поддона при подаче их на стену несколько увеличиваются трудозатраты.

Поддоны с кирпичом и мелкими блоками подают на рабочие места краном при помощи специальных подхватов, снабженных боковыми ограждениями (рис. VI.2,*а*,*б*).

Количество поддонов, требуемых для работы в течение смены,

$$N_{\text{п}} = \frac{O t_{\text{ц}}}{cq} k_{\text{н}} \text{ шт.}, \qquad \text{(VI.3)}$$

где О — объем перевозок кирпича за смену, *т*; $t_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла поддона, *ч*, вычисляемая по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{п}} + t_{\text{о}}.$$

Здесь $t_{\text{з}}$ — длительность нахождения поддона на заводе, *ч*; $t_{\text{п}}$ — длительность пребывания груженого и порожнего поддонов в пути, *ч*; $t_{\text{о}}$ — продолжительность нахождения поддона на объекте, *ч*; *с* — длительность рабочей смены, *ч*; *q* — емкость поддона, *т*; $k_{\text{н}}$ — коэффициент неравномерности оборота поддонов, принимаемый равным 1,1.

Крупные блоки доставляют на объекты бортовыми автомашинами, имеющими специальные крепежные устройства. Для подъема и установки в проектное положение крупных блоков применяют винтовые и клещевые захваты (рис. VI.9, с. 155).

Камни неправильной формы (бут) доставляют на объекты автосамосвалами, выгружают у рабочих мест и подают к месту укладки по желобам (рис. VI.8, с. 152) или в специальных ящиках краном.

Пакеты стеновых материалов и крупные кирпичные блоки можно выгружать на приобъектный склад, организуемый в зоне действия монтажного крана. Здесь их устанавливают в ленточные штабеля (в один или два яруса) на подкладки, уложенные на спланированной площадке.

§ 2. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ПОДАЧА РАСТВОРА

Товарный раствор доставляют на строительные площадки с заводов или централизованных растворных узлов специальными авторастворовозами, в автосамосвалах или бортовыми автомашинами в бадьях.

В радиусе действия монтажного крана устраивают перегрузочную площадку, где раствор выгружают в *инвентарные ящики* емкостью 0,25 $м^3$ (рис. VI.2, *в*), которые затем краном поштучно или в виде гирлянды из 3—4 ящиков (с помощью специального стропа) подают на рабочие места каменщиков.

Раствор, доставленный в *бадьях*, подают краном непосредственно к месту кладки и выгружают порциями в ящики каменщиков.

Возможны и другие варианты подачи раствора к рабочему месту. Например, на рис. VI.2,*г* показана установка, состоящая из эстакады и растворосмесителя. Самосвал въезжает на эстакаду и выгружает раствор или сухую растворную смесь в *растворосмеситель* для повторного перемешивания или приготовления (из сухой смеси) и выдачи в раздаточный бункер емкостью 0,75 $м^3$, находящийся в специальном приямке (или в ящик — 0,25 $м^3$). Бункер поднимают краном (рис. VI.2,*д*) и выгружают нужное количество раствора в ящики каменщиков.

Приобъектные растворосмесительные установки также располагают в зоне действия монтажного крана.

Глава 3

КЛАДКА ИЗ КИРПИЧА

§ 1. ВИДЫ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

В зависимости от конструкции стен различают кладку сплошную и облегченную.

При сплошной кирпичной кладке толщину стен назначают с учетом устойчивости, прочностных и теплотехнических требований и принимают кратной половине кирпича: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 и 3. Среднюю толщину горизонтальных швов принимают 12, а вертикальных — 10 *мм*. Допускаются швы толщиной не более 15 и не менее 8 *мм*.

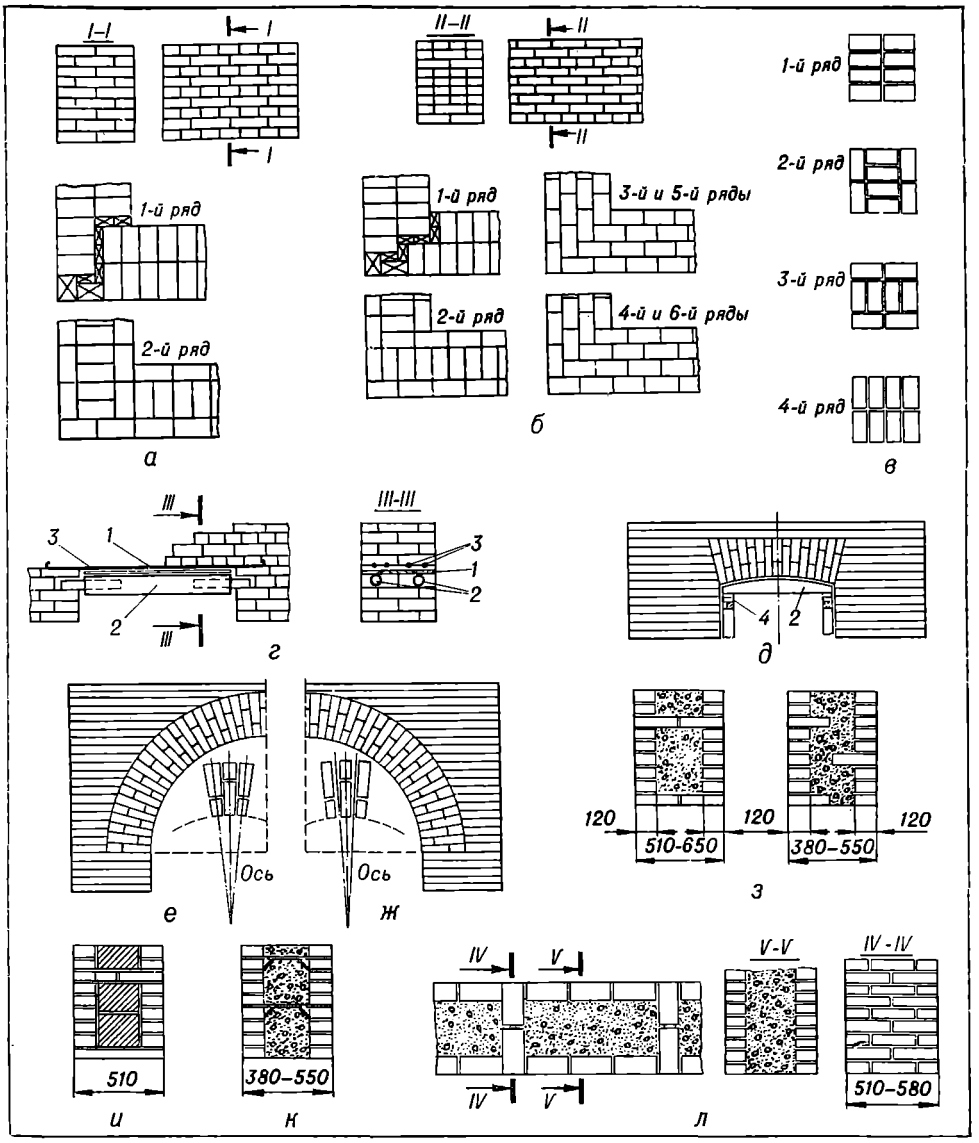


Рис. VI.3. Системы перевязки сплошных стен, перемычек и облегченных стен:

а — цепная перевязка; *б* — многорядная перевязка; *в* — четырехрядная перевязка; *г* — рядовая перемычка; *д* — клинчатая перемычка; *е* — арочная перемычка из фасонного кирпича; *ж* — то же, с клиновидными швами; *з* — кирпично-бетонная кладка; *и* — кирпично-блочная кладка; *к* — кладка с вутообразными растворными диафрагмами; *л* — колодцевая кладка; *1* — щит опалубки; *2* — кружала из труб и досок; *3* — полосовая или круглая сталь; *4* — клинья.

Стены возводят по двух- или многорядной системам перевязки швов, а столбы и узкие простенки — по четырехрядной.

В двухрядной (цепной) системе перевязки чередуют тычковые и ложковые ряды (рис. VI.3, *а*), при этом каждый поперечный вертикальный шов нижнего тычкового ряда перекрывают кирпичами верхнего ложкового ряда. Для этого кирпичи ложковых рядов смещают в продольном направлении на

$^1/_4$, начиная кладку каждого из них трехчетвертками (кирпич, в котором отрублена $^1/_4$ часть), а в поперечном — на $^1/_2$ кирпича. Забутку выкладывают из целых кирпичей и половинок.

При многорядной системе перевязки последовательно чередуют несколько ложковых рядов, перекрываемых одним тычковым. В этом случае вертикальные поперечные швы в смежных ложковых рядах сдвигают на $^1/_2$, а в тычковых —на $^1/_4$ кирпича. Продольные вертикальные швы остаются сквозными на высоту всех ложковых рядов. Количество ложковых рядов кладки зависит от толщины и вида кирпича. Так, при толщине кирпича 65 *мм* тычковым рядом перекрывают пять ложковых. Такую перевязку называют *шестирядной* (~~рис. VI.3,б~~). Если же толщина кирпича более 65 *мм*, перевязку ложковых рядов тычковым выполняют через каждые 0,4 *м*, считая от верха нижнего до низа верхнего тычкового ряда.

Трудоемкость кирпичной кладки в большой мере зависит от соотношения количества кирпичей, укладываемых в верстовые ряды и забутку. Класть забутку легче, чем верстовые ряды, для которых требуется более высокая квалификация каменщиков. Поэтому многорядная система перевязки, в верстовые ряды которой укладывается в 1,3 раза меньше, а в забутку в 2 раза больше кирпичей (при толщине стены 51 *см*), проще и выполняется быстрее двухрядной. Кроме того, многорядная система перевязки более экономична, так как требует меньше трехчетверок, на заготовку которых используют целый кирпич. Однако прочность многорядной кладки составляет 94% по сравнению с двухрядной (цепной).

Высота возводимой свободно стоящей стены, согласно СНиП III-В.4-72, зависит от толщины и массивности кладки, а также от ветровой нагрузки и может достигать 8 *м*.

Узкие простенки и столбы кладут по *четырехрядной* системе перевязки (рис. VI.3, *в*), в которой допускается совпадение поперечных вертикальных швов в трех смежных рядах кладки. Эти швы перевязывают кирпичами каждого четвертого тычкового ряда. Прочность четырехрядной кладки на 3% меньше цепной.

Кладку конструкций из кирпича начинают и заканчивают тычковыми рядами. Их располагают также в гнездах под балки, прогоны, фермы, мауэрлаты, на уровне обрезов стен под плиты, в выступающих рядах кладки (карнизы, пояски и др.) независимо от последовательности кладки рядов принятой системы перевязки. Тычковыми рядами связывают верстовые ряды с забуткой, перекрывая продольные швы, поэтому все они должны выполняться из целого кирпича.

Столбы и простенки шириной 2,5 кирпича и менее следует выкладывать из отборного кирпича.

Кирпич-половняк и кирпичный бой применяют лишь для забутки и малонагруженных каменных конструкций.

Кладка перемычек и карнизов. Проемы в стенах перекрывают по ходу кладки перемычками. В многоэтажном гражданском и промышленном строительстве они, как правило, *сборные железобетонные*. В малоэтажных зданиях можно устраивать *кирпичные* перемычки — рядовые, клинчатые и арочные (рис. VI.3, *г—ж*). Проемы пролетом до 2 *м* перекрывают рядовыми и клинчатыми перемычками, до 4 *м* — арочными.

В рядовых перемычках под нижний ряд кирпича укладывают в разостланный по опалубке слой цементного раствора толщиной 2—3 *см* стальную арматуру из расчета по одному стержню сечением 20 *мм*^{2} на каждые полкирпича толщины стены (если проект не предусматривает более сильного армирования). Концы стержней, на которых имеются крюки, заделывают в простенки не менее чем на 25 *см*. Опалубку снимают через 5—6 суток.

Клинчатые и арочные перемычки устраивают из фасонного или обычного кирпича (рис. VI.3,*е, ж*). Во втором случае швам придают клинообразную форму (их толщина внизу — не менее 5, вверху — не более 25 *мм*). Такие перемычки выкладывают по опалубке с двух сторон в направлении от пят к середине. В центральный замковый ряд кирпич

должен туго входить и плотно заклинивать перемычку.

При кладке карнизов допускается свес не более чем на $^1/_3$ длины кирпича в каждом ряду, а общий вынос кирпичного неармированного карниза не должен превышать половины толщины стены. Если вынос запроектирован больший, кладку армируют или ведут по железобетонным карнизным плитам, заанкеренным в кладку стены.

Армирование кладки. Несущую способность сплошных стен повышают армированием швов. Толщина таких швов должна превышать диаметр уложенной в них стальной арматуры на 4 *мм* при соблюдении средней толщины шва для данной кладки.

Столбы и простенки, воспринимающие большие нагрузки, армируют поперек кладки либо в продольном направлении.

Для поперечного армирования применяют проволочные сетки (прямоугольные или «зигзаг»). Расстояние между стержнями сетки диаметром 3—8 *мм* должно быть не более 120 и не менее 30 *мм*. При диаметре проволоки более 5 *мм* применяют сетки «зигзаг» (рис. VI,4,*а*), располагая их в двух смежных швах кладки так, чтобы направление прутков было взаимно перпендикулярным. Сетки укладывают по проекту, но не реже чем через пять рядов кладки.

При продольном армировании стальные стержни арматуры по длине следует соединять сваркой. Если стержни стыкуют внахлестку (без сварки), их концы надо загибать в виде крюков и связывать проволокой.

Кладки стен с облицовкой кирпичом. Облицовывать стены лицевым кирпичом следует одновременно с их возведением. Лицевой

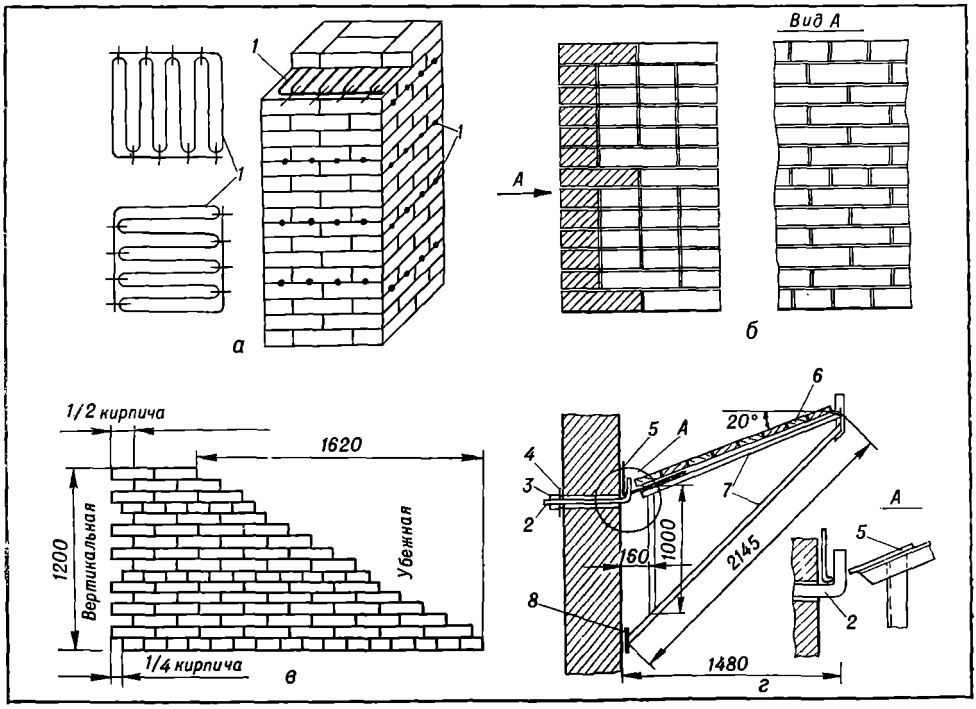


Рис. VI.4. Армированная кладка. Кладка с облицовкой. Устройство штраб. Защитный козырек: *а* — армирование столба сетками «зигзаг»; *б* — многорядная кладка с облицовкой лицевым кирпичом; *в* — штрабы — вертикальная (слева) и убежная (справа); *г* — защитный козырек; *1* — сетка «зигзаг»; *2* — крюк; *3* — гайка; *4* — шайба; *5* — опорный угольник; *6* — деревянный настил; *7* — кронштейн; *8* — опорная планка.

кирпич тщательно укладывают в наружный верстовой ряд, выполняя кладку по многорядной системе перевязки (рис. VI. 4,*б*). Швы кладки расшивают. Для наружной лицевой версты стен используют кирпич повышенного качества, однородный по цвету, с хорошо обработанными наружными поверхностями и кромками.

Облегченная кладка. Облегченные стены возводят в основном в малоэтажных зданиях. Эти стены состоят из двух верстовых стенок толщиной в полкирпича, расстояние между которыми устанавливают теплотехническим расчетом. Промежуток между стенками заполняют легким бетоном или блоками-вкладышами (~~рис. VI-3, *а*—*в*~~). Иногда вместо легкого бетона и вкладышей для заполнения пустот применяют термоизоляционные сыпучие материалы, однако они менее эффективны, так как со временем оседают, образуя продуваемые участки в кладке.

Верстовые стенки связывают растворными или кирпичными диафрагмами, тычковыми рядами, заходящими внутрь стены на полкирпича, или кирпичными вертикальными стенками, образующими замкнутые «колодцы». Для кладки облегченных стен можно применять кирпич-половняк, укладывая его изломом внутрь стены. Ряды из половняка должны чередоваться с ложковыми рядами из целых кирпичей. Тычковые ряды вертикальных поперечных диафрагм и тычковые горизонтальные ряды выполняют из целого кирпича.

По сравнению с обычными стенами облегченные более экономичны по расходу кирпича (примерно на 40%) и легче по массе, но их кладка более трудоемка.

Временные разрывы в любой кирпичной кладке по высоте продольных стен и примыканий внутренних стен к наружным в случае возведения их в разное время выполняют в виде убежной или вертикальной штрабы (рис. VI.4,*в*). В вертикальные штрабы нужно закладывать стальные связи из трех прутков диаметром 8 *мм* через каждые 2 *м* по высоте для укрепления примыкающей кладки.

Параллельно с кладкой наружных стен между рядами кирпичей устанавливают крюки для крепления кронштейнов защитных козырьков (рис. VI.4, *г*) и стоек трубчатых лесов при кладке с них (см. с. 445). Для крепления в проемах стен оконных и дверных коробок в кладку заделывают деревянные антисептированные вкладыши.

§ 2. ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Процесс кладки состоит из ряда производственных и контрольно-измерительных операций, выполняемых при помощи различных инструментов и приспособлений.

К производственным инструментам относятся растворная лопата, комбинированная кельма, молоток-кирочка и расшивки.

Растворной лопатой перемешивают раствор в ящике и подают его на стену.

Комбинированная кельма служит для разравнивания раствора на стене, заполнения вертикальных швов раствором и околки кирпича.

Молоток-кирочка предназначен для рубки и тески кирпича.

Расшивками (выпуклыми и вогнутыми) придают швам, заполненным раствором, проектную форму.

Контрольно-измерительными инструментами и приспособлениями являются отвес, уровень-прави́ло, шнур-причалка, порядовки и причальные скобы, угольник, складной метр, рулетка.

Отвесом проверяют вертикальность поверхностей кладки. Отвес массой 400 *г* применяют при кладке внутренних стен и столбов, а массой 600 *г* — при кладке наружных частей конструкций.

Уровень-правило состоит из двух стандартных строительных уровней, укрепленных на отрезке металлического уголка, и используется для контроля горизонтальности рядов кладки. Горизонтальность кладки можно проверять и обычным строительным уровнем, установив его на прави́ло, уложенное на поверхность кладки. Прави́лом проверяют также лицевую поверхность кладки.

Шнуром-причалкой диаметром 2—3 *мм* определяют верхнюю

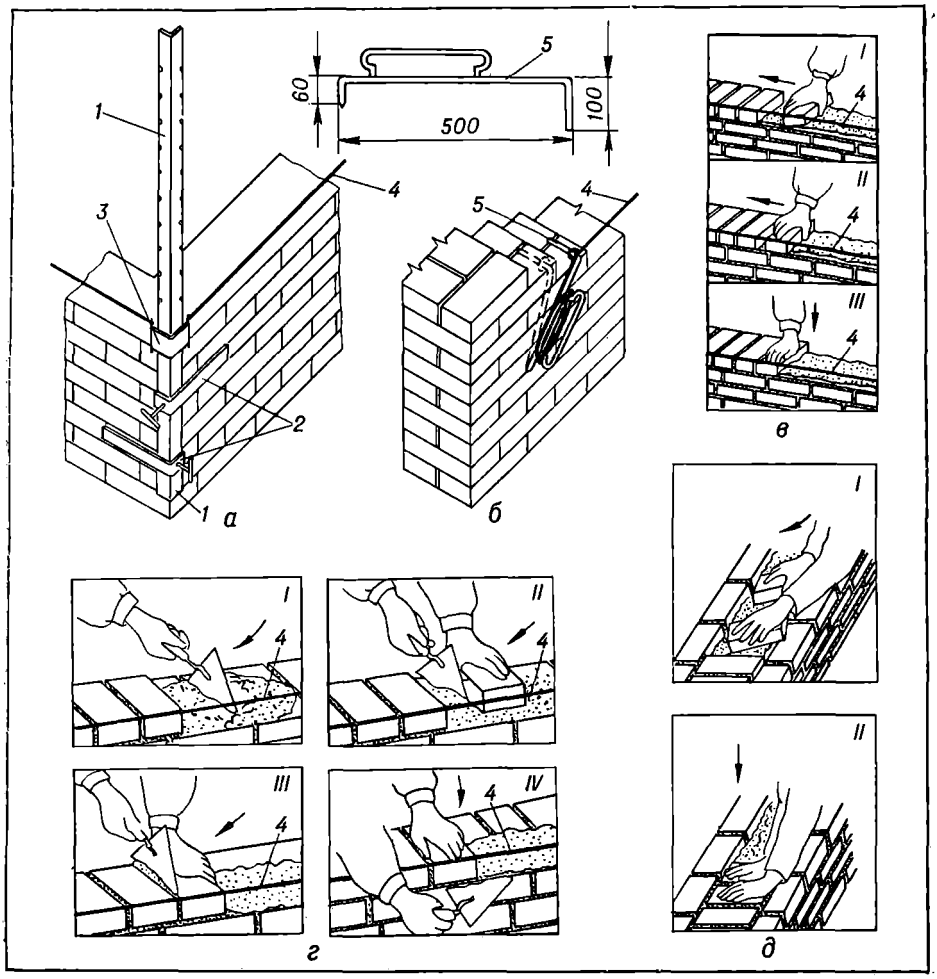


Рис. VI.5. Приспособления для контроля горизонтальности кладки. Примеры кладки кирпича:

а — установка порядовки; *б* — то же, скобы с причалкой; *в* — кладка вприсык тычкового ряда наружной версты; *г* — кладка вприжим такого же ряда; *д* — кладка вполуприсык забутки; *1* — порядовка; *2* — скобы для крепления порядовки; *3* и *5* — ползунок и скоба для крепления причалки; *4* — причалка; *I*, *II*, *III* и *IV* — последовательность выполнения операций кладки.

поверхность и толщину очередного верстового ряда кладки. Причалку натягивают и закрепляют с помощью порядовок и причальных скоб.

Порядовки (рис.VI.5,*а*) из отрезков металлического уголка или деревянных реек длиной 1,5—2 *м*, на которых через каждые 77 *мм* (толщина кирпича 65 *мм* и шва из раствора 12 *мм*) размечены ряды кладки, имеют приспособления для крепления и перестановки причалки, а также для прикрепления самой порядовки к стене. На порядовках, кроме того, отмечают уровни укладки перемычек, панелей перекрытий, установки оконных и дверных блоков и других элементов, связанных с кладкой стен. Порядовки устанавливают по отвесу и нивелиру на всех углах и пересечениях стен, а также на прямых участках на расстоянии не более 12 *м* одна от другой.

Для выноса на порядовки отметок низа перекрытия, перемычек и других конструкций применяют гибкий водяной уровень, который состоит из резиновой мягкой трубки длиной 4—5 *м* со стеклянными наконечниками, а также нивелир и современные лазерные приборы.

Причальные скобы служат для крепления причалки при кладке внутренней версты (рис.VI.5,*б*). Острый конец скобы вставляют в шов, а к тупому, опирающемуся на маячный кирпич, крепят причалку, свободный конец которой наматывают на ручку скобы.

§ 3. КЛАДКА СПЛОШНЫХ КИРПИЧНЫХ СТЕН

Процесс кирпичной кладки состоит из установки и перестановки причалки; подачи и раскладки кирпича и раствора; укладки кирпича в версты и забутку; околки и тески кирпича (при необходимости); расшивки швов (при кладке под расшивку) и контроля правильности кладки.

В зависимости от толщины стен и сложности кладки ее выполняют звенья каменщиков различного состава (от 2 до 5 человек).

Установка причалки. При кладке наружных верстовых рядов причалку устанавливают для каждого ряда, а при кладке внутренних верстовых рядов — через каждые 2—3 ряда. Чтобы причалка не провисала, под нее между порядовками через каждые 4—5 *м* укладывают на растворе маячные кирпичи и на каждый из них на ребро кладут по второму кирпичу, зажимая между ними причалку.

Порядовки, причальные скобы и причалку устанавливает и переставляет каменщик наиболее высокой квалификации.

Подача и раскладка кирпича и раствора. Для кладки наружного верстового ряда кирпич раскладывают на внутренней половине стены, для внутреннего верстового ряда — на наружной половине, а для забутки — на одном из верстовых рядов. Раскладку делают стопками по два кирпича параллельно оси стены — для ложкового ряда и перпендикулярно к оси — для тычкового ряда. Для стен толщиной в 1,5 кирпича все стопки кирпича раскладывают параллельно оси стены.

Раствор подают лопатой в количестве, необходимом для образования горизонтального шва под 6—7 кирпичей, и разравнивают его. При кладке столбов раствор набрасывают на середину столба, разравнивая его кельмой.

Укладка кирпича. В зависимости от принятой системы перевязки, пластичности раствора, требуемого заполнения швов раствором и места кирпичей в ряду применяют следующие способы их укладки: вприсык, вприсык с подрезкой раствора и вприжим (в верстовые ряды), а также вполуприсык (в забутку).

При кладке стен впустошовку, т. е. с неполным заполнением швов, кирпич укладывают вприсык (рис.VI.5,*в*). При этом способе раствор расстилают, отступая от края стены на 2—3 *см*, грядкой толщиной 2 — 3 и шириной 7—8 *см* под ложковый ряд и шириной 20—21 *см* под тычковый.

Каменщик, удерживая кирпич наклонно, загребает его гранью с подготовленной постели часть раствора, достаточную для образования вертикального шва, и, передвигая кирпич к ранее уложенному, осаживает его нажатием руки под причалку. Длина загребания раствора при кладке тычкового ряда — примерно 10 *см*, ложкового ряда — 5—6 *см*. Вприсык кирпичи можно класть одновременно двумя руками.

Если кладку стен ведут с подрезкой, т. е. с полным заполнением швов, кирпич укладывают, как описано выше, а раствор, выжатый на лицевую поверхность стены, подрезают кельмой. Этот способ кладки называется вприсык с подрезкой раствора.

Для конструкций, воспринимающих значительные нагрузки, требуется более полное заполнение швов, и кирпич укладывают вприжим (рис.VI.5,*г*). В этом случае, выкладывая верстовые тычковые ряды, каменщик кельмой загребает с постели часть раствора и одновременно прижимает его и очередной кирпич (извлекая кельму) к ранее уложенному кирпичу, уплотняя образовавшийся вертикальный поперечный

шов. Горизонтальный шов уплотняется легким постукиванием по кирпичу рукояткой кельмы. Выступивший на поверхность стены раствор подрезается.

Кирпич в забутку укладывают способом вполуприсык (рис. VI. 5,*д*). При этом каменщик низшего разряда подает и разравнивает раствор между выложенными верстовыми рядами, а каменщик более высокого разряда укладывает на него одновременно по два кирпича, следя, чтобы поверхности уложенных кирпичей были на одном уровне с верстовыми рядами. Частично незаполненные вертикальные швы заполняются при расстилании раствора под следующий ряд кладки.

Околка и теска кирпича. Для перевязки швов требуются неполномерные кирпичи (четверки, половинки и трехчетверки). Заготовляют их во время работы: сначала каменщик острием молотка-кирочки или ребром комбинированной кельмы делает насечки на двух противоположных плоскостях кирпича, затем резким ударом молотка-кирочки откалывает намеченную часть.

Более сложную околку кирпича выполняют на станках.

Расшивку швов производят сразу же после кладки очередных трех-четырех рядов кирпича. Расшивают сначала вертикальные, затем горизонтальные швы и очищают их ветошью. Расшитые швы придают четкий рисунок наружной поверхности стены.

Контроль правильности кладки. По ходу возведения каменных конструкций бригадир или звеньевой систематически контролирует прямолинейность стен и вертикальность поверхностей и углов кладки, горизонтальность рядов, правильность перевязки и толщину швов, чтобы оперативно устранять выявленные причины брака или отклонения от принятой технологии.

Вертикальность поверхностей кладки, углов и четвертей проемов проверяют отвесом не реже двух раз на каждый метр высоты кладки.

Отклонение от вертикали поверхности и углов кладки не должно превышать 10 *мм* на один этаж и 30 *мм* на все здание. Отклонение рядов кладки от горизонтали допускается не более 20 *мм* на 10 *м* длины стены.

Горизонтальность рядов кладки и соответствие их отметок проектным проверяют нивелиром несколько раз по ходу кладки стены каждого этажа. Кроме того, не реже двух раз на 1 *м* высоты положение рядов кладки проверяют уровнем-правилом.

Толщину швов контролируют, периодически измеряя высоту пятишести рядов кладки и вычисляя среднее значение толщины шва.

§ 4. ВОЗВЕДЕНИЕ СТЕН ОБЛЕГЧЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

В зависимости от конструкции облегченной стены устанавливают последовательность выполнения рабочих операций и состав звеньев.

При возведении облегченных стен кирпич для кладки наружной версты раскладывают на внутренней версте, а для внутренней версты — на наружной.

Для подачи и расстилания раствора применяют ковш-лопату. Кирпич кладут только вприжим, тщательно заполняя раствором горизонтальные и вертикальные швы.

Стены, пустоты в которых заполняют шлакобетоном (кирпично-бетонная кладка), возводят звенья-«двойки»: каменщик V разряда выкладывает верстовые ряды, проверяет правильность кладки и совместно с каменщиком II разряда заполняет пустоты шлакобетоном. Последний подает также на стену кирпич и раствор.

Стены с узлами жесткости и засыпкой пустот выкладывают звенья-«тройки». Делянку звена при этом делят на две равные части: на одной половине каменщики IV и II разрядов выкладывают наружную и внутреннюю стенки толщиной в $^1/_2$ кирпича и поперечные стенки на высоту шанца (до растворной диафрагмы). В это время второй каменщик II разряда на другой половине делянки засыпает пустоты на высоту шанца, уплотняет засыпку, расстилает раствор для растворной диафрагмы и укладывает арматуру. Затем каменщики меняются местами.

§ 5. КЛАДКА ИЗ ОГНЕУПОРНОГО КИРПИЧА

Каменные конструкции, эксплуатируемые в условиях высоких температур, например промышленные печи, котлы, борова, дымовые трубы, воздухонагреватели и т. п., возводят из огнеупорного кирпича (шамотного, динасового, магнезитового и др.) на огнеупорном растворе.

Кирпич хранят на приобъектном складе в пакетах по маркам, классам и сортам, защищая от увлажнения. Перед кладкой отбраковывают кирпич с отбитыми углами, ребрами и трещинами. Для особо ответственной кладки с толщиной швов до 1 *мм* кирпич сортируют по размерам, так как неправильная форма приводит к увеличению толщины шва, а шов в огнеупорной кладке менее прочен, чем кирпич.

Толщина швов огнеупорной кладки зависит от температурного режима: чем выше температура, тем меньше должна быть толщина шва. Существуют четыре категории, определяющие толщину шва огнеупорной кладки: I — не более 1 *мм*; II — 2 *мм*; III — 3 *мм* и IV — более 3 *мм*. Вне категорий принята особо ответственная кладка, в которой швы не должны превышать 0,5 *мм*. Толщину шва считают выдержанной, если щуп такой же толщины, как шов, и шириной 15 *мм* проникает в него на глубину не более 20 *мм*.

В процессе кладки сначала подбирают и подгоняют друг к другу кирпичи, проверяя щупом величину зазора между ними, и, если надо, притирают их и укладывают насухо. Затем кирпичи по очереди снимают и кладут рядом в том порядке, в каком они были предварительно уложены в конструкции. После этого каждый кирпич укладывают на свое место, но уже на растворе, пользуясь приемами кладки из обычного кирпича.

Огнеупорные растворы должны быть близки по химическому составу, огнестойкости, шлако- и газостойкости к применяемому кирпичу. Так, шамотный кирпич укладывают на растворе, содержащем шамотный порошок и огнеупорную глину, и т. д.

На строительной площадке раствор готовят из сухих смесей (мертелей), доставляемых с заводских установок, и воды или жидкого стекла. Компоненты тщательно перемешивают в растворосмесителе. Для повышения пластичности в раствор добавляют огнеупорную глину или кальцинированную соду. Консистенция раствора зависит от толщины шва: для швов толщиной до 1 *мм* применяют жидкий раствор с осадкой конуса 6—9 *см*; для швов толщиной 2 *мм* — полугустой с осадкой конуса 5—6 *см* и для швов толщиной 3 *мм* — густой с осадкой конуса 3—5 *см*.

Вертикальные поперечные швы перевязывают, смещая их на 1/4 или 1/2 кирпича вдоль стены по отношению к швам предыдущего ряда. Перевязка вертикальных продольных швов достигается чередованием тычковых и ложковых рядов по высоте кладки. Стены в 1/2 кирпича кладут только ложковыми рядами, в 1 кирпич — только тычковыми и в 1,5 кирпича — тычковыми и ложковыми рядами. Конструкции радиальной формы кладут по шаблону, а арки и своды — по опалубке из лекального и клиновидного кирпича.

§ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ТРУДА КАМЕНЩИКОВ

Рабочим местом каменщиков называется пространство, в пределах которого находится возводимая конструкция или ее часть, перемещаются рабочие, а также размещены требуемые для кладки материалы, инструменты и приспособления.

Рабочее место состоит из трех зон — рабочей, материалов и транспорта (рис. VI.6, *а*). *Рабочая зона* — полоса шириной 0,6—0,7 *м* между стеной и материалами — отводится для работы каменщиков. *Под зону расположения материалов* (пакеты кирпича, ящики с раствором и др.) отводят полосу шириной 1—1,1 *м*, а *для зоны транспорта* и прохода рабочих — 0,8 *м*. Общая ширина рабочего места звена каменщиков составляет 2,5—2,6 *м*.

Материалы располагают так, чтобы их удобно было подавать к месту укладки. При возведении глухих стен чередуют

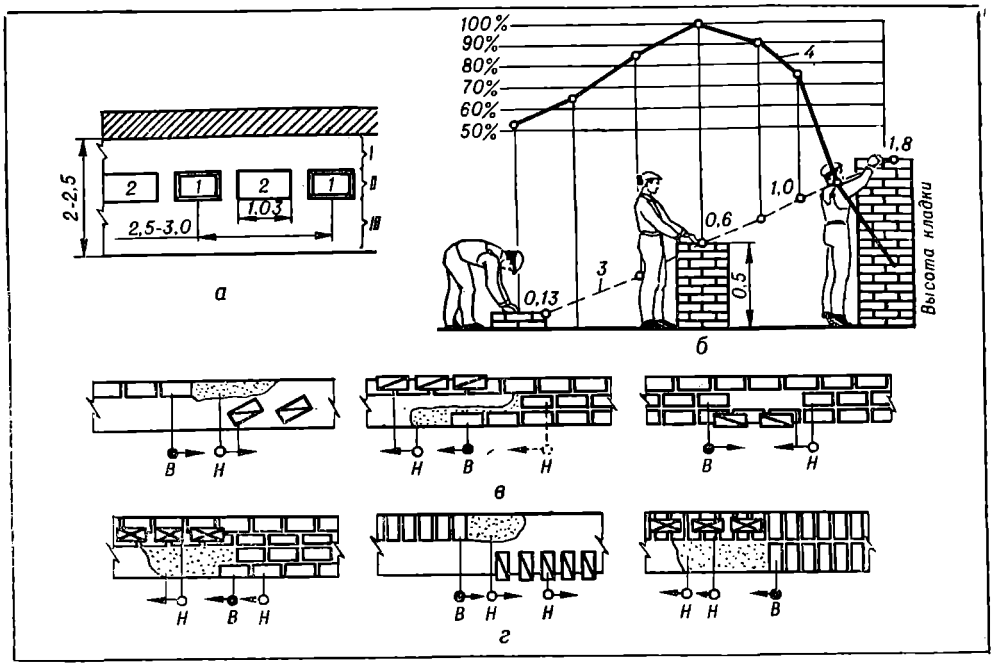


Рис. VI.6. Организация рабочего места и труда каменщиков:

а — рабочее место; *б* — график производительности труда каменщиков; *в* — работа звена-«двойки»; *г* — то же, «тройки»; *1* — ящики с раствором; *2* — пакеты кирпича; *3* — линия увеличения высоты кладки; *4* — кривая зависимости производительности труда от высоты кладки; *I—III* — зоны (рабочая, материалов и транспорта); *Н* — каменщик низшего разряда; *В* — каменщик высшего разряда.

вдоль фронта работ расположение раствора и кирпича. Если в стенах имеются проемы, кирпич размещают против простенков, а раствор против проемов. Для кладки столбов кирпич располагают по одну сторону столба, а раствор — по другую. При кладке стен облегченной конструкции расположение кирпича надо чередовать с пакетами легкобетонных вкладышей. Возводя стены одновременно с их облицовкой, ширину зоны материалов увеличивают до 1,5 *м*, так как материалы должны быть расположены в два ряда: в первом кирпич и раствор, во втором — облицовочный материал.

До начала кладки любого вида приготовляют кирпич на 2—4 *ч* работы, причем раствор подают перед самым началом работы.

Производительность труда каменщиков в большой мере зависит от высоты уровня кладки. Наибольшей производительности каменщики достигают при укладке кирпича на высоте 0,5—0,6 *м* от уровня рабочего места (~~рис. VI.6,б~~). В начале кладки и с увеличением ее высоты производительность уменьшается. Учитывая это, ярус кладки по высоте принимают при толщине стены до 2,5 кирпича — 1,2 *м*, а при толщине 3 кирпича — 0,9 *м*.

Организация труда бригады каменщиков состоит в определении уровня специализации отдельных звеньев, их квалификационного и численного состава, что обеспечивает наибольшую производительность труда и высокое качество кирпичной кладки.

Рабочие операции, составляющие процесс кирпичной кладки, не равноценны по сложности. Закреплять порядовку, устанавливать причалку, выкладывать верстовые ряды, облицовывать кладку и контролировать ее качество должен высококвалифицированный каменщик, а подавать и расстилать раствор, раскладывать кирпич и класть забутку могут каменщики менее квалифицированные.

Процесс кирпичной кладки может быть организован поточно-расчлененным или поточно-конвейерным (кольцевым) методом.

При поточно-расчлененном методе бригада каменщиков занимает часть здания, в пределах этажа, называемую *захваткой*, которую разбивают на *делянки* и закрепляют за отдельными звеньями. Количество делянок на захватке принимают по числу звеньев в бригаде. При расчете размеров делянок исходят из условия, что за смену звено должно по всей длине делянки выложить стену на высоту яруса (1,1—1,2 *м*). Размер делянки (длину фронта работ) определяют по формуле

$$L = \frac{Ncq}{100VH_{вр}} \text{ м}, \qquad \text{(VI.4)}$$

где N — количество рабочих в звене; c — продолжительность рабочей смены, *ч*; q — выполнение нормы, %; V — объем кладки на 1 *м* стены на высоту яруса, $м^3$; $H_{вр}$ — норма времени на 1 $м^3$ кладки, *чел-ч*.

Поточно-расчлененным методом работы ведут звенья — «двойка», «тройка», «четверка» и «пятерка».

При возведении стен со сложным архитектурным оформлением или большим количеством проемов, столбов или стен толщиной 1 и 1,5 кирпича и перегородок кладку следует вести звеном «двойка» (рис. VI.6, *в*). В таком звене каменщик V—VI разряда устанавливает причалку, укладывает кирпич и проверяет кладку, а каменщик III разряда перелопачивает в ящике раствор, подает и расстилает его, подает и раскладывает кирпич, помогает вести кладку забутки.

Кладку стен толщиной более двух кирпичей при цепной перевязке и толщиной более 1,5 кирпича — при многорядной целесообразно вести звеном «тройка» (рис. VI.6,*г*). В таком звене каменщик V—VI разряда устанавливает причалку, кладет версты и проверяет правильность кладки; один из каменщиков III разряда подает и расстилает раствор, подает и раскладывает кирпич, а второй — кладет забутку.

При возведении стен толщиной не менее двух кирпичей с облицовкой фасадов и установкой архитектурных деталей эффективны звенья «четверки», когда каменщик V—VI разряда вместе с каменщиком III разряда устанавливают элементы облицовки и крепят архитектурные детали, а двигающиеся за ними каменщики IV и III разряда выполняют кирпичную кладку.

Наиболее эффективно вести кладку стен простой и средней сложности толщиной в два кирпича и более звеном «пятерка».

При поточно-конвейерном (кольцевом) методе делянки не выделяют, а звенья-«шестерки» перемещаются по захватке вдоль возводимой стены и каждое звено кладет один ряд. Этот метод эффективен при возведении зданий несложной формы со стенами простой и средней сложности толщиной 2—3 кирпича, с проемностью до 40% и малым объемом кладки внутренних стен. В звене «шестерка» работают «двойками». Первая «двойка» выкладывает наружную версту ряда, вторая — внутреннюю и третья — забутку. Двигаются «двойки» звена непрерывно по кольцу захватки.

Глава 4

КЛАДКА ИЗ КАМНЕЙ ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ

§ 1. ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛКИХ БЛОКОВ

Природные и искусственные камни правильной формы для мелкоблочной кладки должны иметь размеры и массу, допускающие их укладку вручную. Среднюю толщину швов принимают такой же, как при кирпичной кладке (горизонтальных — 12, вертикальных — 10 *мм*).

Кладки из природных и бетонных камней. При кладке из пильных известняков-ракушечников и туфов вертикальные поперечные швы надо перевязывать тычковыми рядами в каждом втором, а из бетонных сплошных и пустотных камней — не реже чем в каждом третьем ряду. Бетонные камни с несквозными пустотами кладут отверстиями вниз.

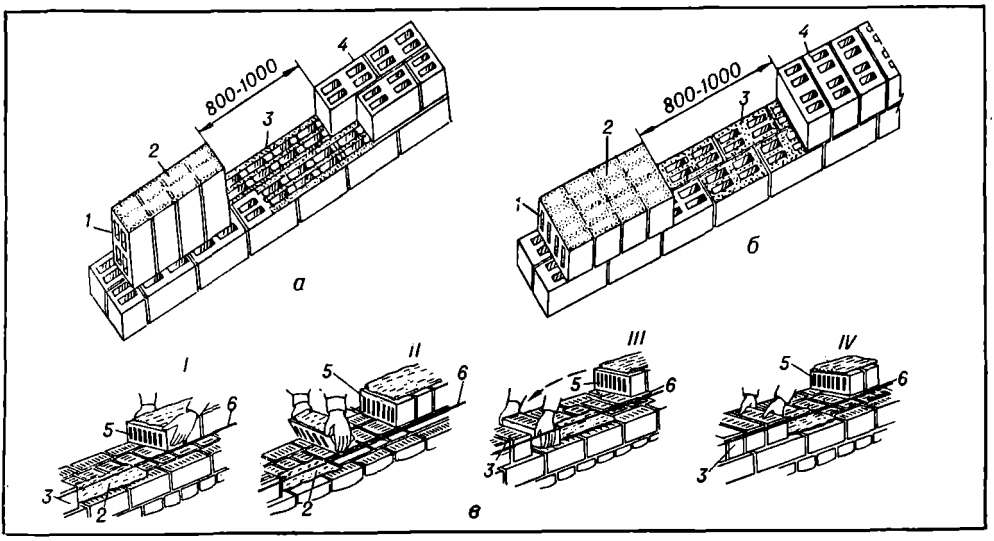


Рис. VI.7. Кладка из бетонных и керамических камней:

а — кладка ложкового ряда из бетонных камней; *б* — то же, тычкового ряда; *в* — кладка из керамических камней; *I—IV* — последовательность кладки керамических камней тычкового ряда; *1, 4* — камни, подготовленные для кладки ложкового и тычкового рядов; *2* — постель из раствора; *3* — уложенные камни; *5* — укладываемые камни; *6* — причалка.

Укладывая камни со сквозными пустотами, последние, если это предусмотрено проектом, засыпают сухими материалами и послойно уплотняют их штыкованием.

Кладку из мелких блоков ведут на растворе подвижностью 9—13 *см* погружения стандартного конуса. Раствор для постели под сплошные камни подают специальным лотком, а под блоки с пустотами — ковшом, позволяющим укладывать раствор полосами.

Мелкоблочная кладка, в зависимости от массы блоков (16—25 *кг*), ведется звеном «двойка» или «тройка».

Для образования вертикальных поперечных швов камни в процессе кладки раскладывают на стене так, чтобы поверхности, на которые наносят раствор, были наверху. Для ложкового ряда камни раскладывают стоймя, или на тычок (рис. VI.7,*а*), а тычкового — на ребро, т. е. на ложок (рис. VI.7,*б*). Раствор наносят на постель и верхние поверхности подготовленных к укладке камней. Каменщик укладывает камни двумя руками. Отделив камень от наверстанного ряда, каменщик подносит его к месту укладки и в ложковом ряду переводит из вертикального положения в горизонтальное, а в тычковом — поворачивает камень с ложка на постель, плотно прижимает к ранее уложенному и осаживает. Уложив несколько камней, он подрезает кельмой раствор, выступивший на лицевой стороне.

Кладку из керамических пустотных камней выполняют с поперечной перевязкой вертикальных швов тычковыми камнями, укладываемыми не реже чем через три ряда по высоте стены. Подвижность раствора должна быть не менее 7—8 *см* погружения стандартного конуса. Для заполнения поперечных вертикальных швов в тычковых рядах раствор наносят на грани камней предварительно (до их укладки), а в ложковых рядах — в процессе кладки. При небольшом фронте работ (короткие простенки) кладку ведут звеньями «двойка» или «четверка».

Во время кладки тычкового ряда (рис. VI.7,*в*) каменщик III разряда наверстывает камни на стену плашмя вплотную один к другому, подает и расстилает раствор на стене для постели и на наверстанных камнях для вертикаль-

ных швов. Каменщик IV разряда разравнивает раствор кельмой, затем двумя руками берет камень за торцовые грани, подносит к месту укладки и, повернув его на 90°, прижимает к ранее уложенному камню и осаживает (рис. VI.7,*в*, I—IV).

При кладке ложкового ряда каменщик III разряда наверстывает камни и расстилает на стене раствор для постели, каменщик IV разряда разравнивает раствор постели для укладки 2—3 камней, захватывает кельмой раствор, наносит его на тычковую грань ранее уложенного камня и, придерживая раствор кельмой, левой рукой берет очередной камень за боковые грани и прижимает к полотну кельмы. Затем движением вверх вынимает кельму из образовавшегося вертикального шва, прижимая камень и осаживая его.

При кладке стен из мелких блоков сначала выкладывают наружную версту, затем забутку и только после этого внутреннюю версту.

Забутку кладут так же, как и верстовые ряды.

§ 2. ТЕСОВАЯ КЛАДКА

Тесовой называется кладка из природных камней правильной формы, с лицевой поверхностью, обработанной «под шубу», шлифованной или полированной.

Тесовой кладкой облицовывают каменные или бетонные поверхности для предохранения их от внешних воздействий и придания монументальности определенной части здания или сооружения.

Камни массой более 80 *кг* укладывают с помощью кранов. Сначала камень выверстывают насухо на клиньях, придают ему проектное положение, затем поднимают, расстилают на версте раствор и опускают камень на прежнее место. После установки камня в проектное положение швы снаружи конопатят и заливают цементным раствором. Отдельные камни связывают между собой металлическими скобами или планками, которые вставляют в специальные углубления в камнях и заливают жирным цементным раствором.

§ 3. ПЕРЕГОРОДКИ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ

В перегородках из гипсовых плит, шлакобетонных и керамических камней обязательно перевязывают швы. Для сопряжения перегородок с капитальными стенами в их кладке оставляют пазы, в которые потом заводят камни перегородки. Если пазы не сделаны, в швы стены по линии примыкания перегородки забивают отрезки арматурной стали.

Со столбами перегородки сопрягают при помощи выступающих штраб или стальных стержней, забиваемых в швы кладки столба. Такие же сопряжения устраивают в местах пересечения перегородок.

Шлакобетонные и керамические пустотелые камни укладывают на цементном или сложном растворе так, чтобы их пустоты располагались вертикально. В гипсовых плитах, укладываемых только на гипсовом растворе, пустоты должны быть расположены горизонтально.

К началу устройства перегородок надо установить дверные блоки (коробки), закрепив их в распор с междуэтажным перекрытием, и использовать как вертикальные направляющие.

Кладку перегородок ведут звеном «двойка».

Глава 5

КЛАДКА КАМНЕЙ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ

§ 1. БУТОВАЯ КЛАДКА

Бутовой называется кладка из природных камней неправильной формы, связанных между собой строительным раствором.

Для бутовой кладки применяют камни разной величины, но не тяжелее 50 *кг*, в том числе *рваный* камень неправильной формы, *постелистый*, у которого две примерно параллельных плоскости, и *булыжник*, имеющий округлую форму.

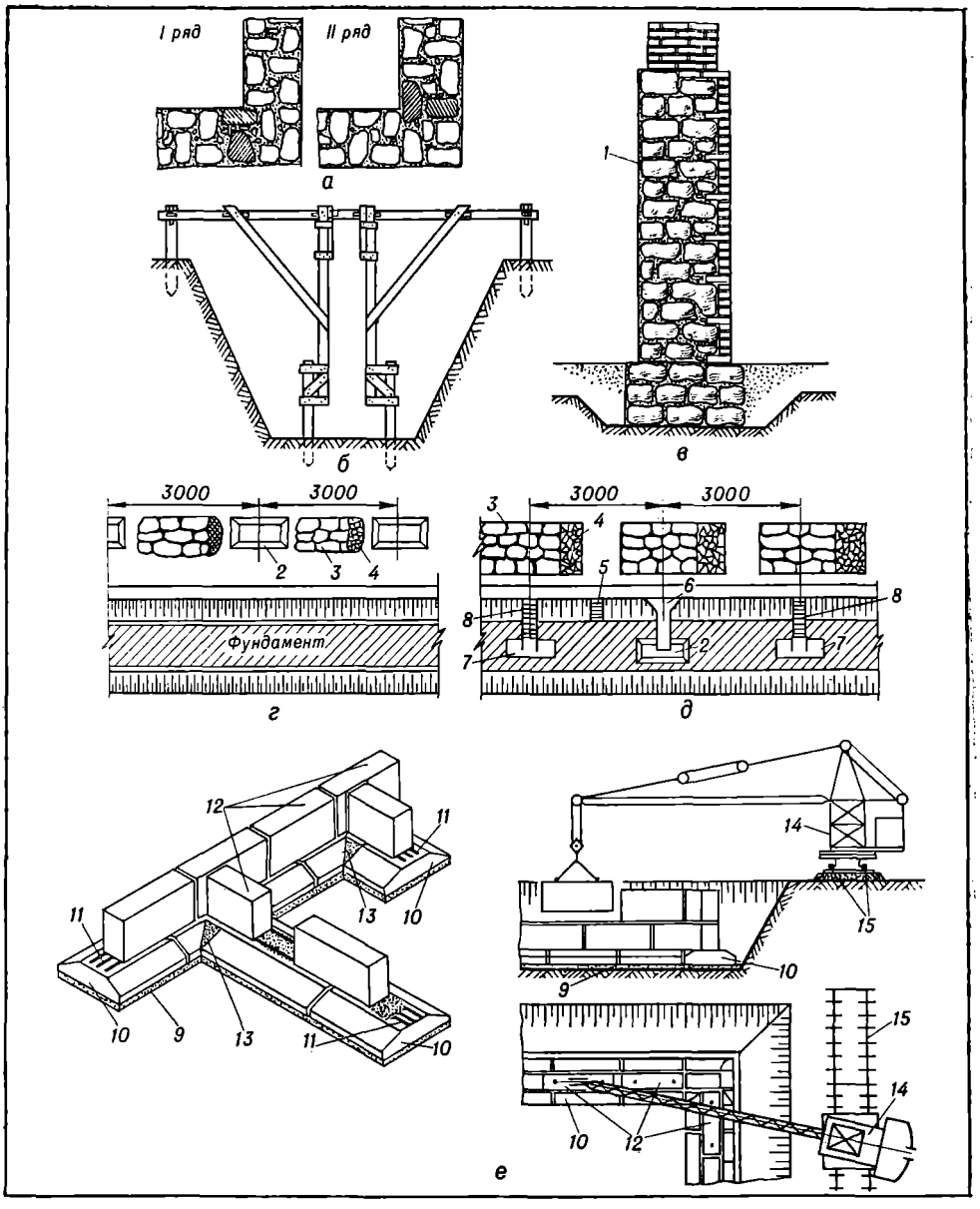


Рис. VI.8. Кладка фундаментов из природного камня. Монтаж фундаментных блоков:

а — бутовая кладка; *б* — шаблон для бутовой кладки в траншее; *в* — бутовая кладка с облицовкой кирпичом; *г* — рабочее место каменщиков при кладке ленточных фундаментов на глубине до 1,25 *м*; *д* — то же, на глубине более 1,25 *м*; *е* — элементы подземной части здания (слева) и монтаж фундаментных блоков и стен подвала (справа); *1* — гидроизоляция; *2* — ящик для раствора; *3* — штабеля бута; *4* — щебень; *5* — приставная лестница (стремянка); *6* — лоток для подачи раствора; *7* — щиты для камня; *8* — желоба для спуска камня; *9* — песчаная подушка; *10* — фундаментные блоки-подушки; *11* — армированный пояс; *12* — блоки стен фундаментов; *13* — участки, бетонируемые по месту; *14* — кран; *15* — подкрановые пути.

Из бута возводят фундаменты, стены подвалов, подпорные стены, опоры и другие конструкции, а в районах с большими запасами постелистого камня — стены малоэтажных зданий.

Кладку ведут рядами по возможности одинаковой толщины с перевязкой швов, чередуя в каждом ряду тычковые и ложковые камни (рис. VI.8,*а*). Углы примыкания и пересечения, а также верстовые ряды выкладывают из более крупных постелистых камней. Перед укладкой камни очищают, а в сухую жаркую и ветреную погоду — смачивают водой.

При бутовой кладке используют тот же инструмент и приспособления, что и для кирпичной кладки. Кроме того, нужны кувалды (прямоугольная для разбивки камней и остроносая для околки углов) и трамбовка, которой осаживают камень и щебень.

В фундаментах первый ряд из крупных постелистых камней выкладывают насухо, тщательно заполняют пустоты щебнем, утрамбовывают и заливают жидким раствором. Последующие ряды бутовой кладки фундаментов выполняют способом «под залив» или «под лопатку».

Кладка под залив. Каждый ряд камней высотой 0,15—0,2 *м* выкладывают насухо враспор со стенками траншей (в плотных грунтах) или с опалубкой. При этом способе версты не выкладывают. Пустоты заполняют щебнем и заливают их жидким раствором подвижностью 13—15 *см*. Раствор не всегда попадает в места, где камни плотно соприкасаются между собой, кладка получается с пустотами, что снижает ее прочность. Поэтому под залив разрешают кладку фундаментов только для зданий высотой не более двух этажей.

Кладку под лопатку начинают с выкладывания отборных верстовых камней. Выступы на них, мешающие кладке, окалывают, каждый камень укладывают на раствор и осаживают ударами молотка. В промежутки между верстами лопатой набрасывают раствор и на него укладывают камни забутки менее правильной формы. Промежутки между камнями расщебенивают. Кладку ведут рядами толщиной до 0,3 *м* на растворе подвижностью 4—6 *см*.

Способ под лопатку применяют и при кладке стен и столбов, подбирая камни одной высоты по шаблону-скобе и прикалывая их лицевую сторону для получения ровной поверхности. Возможна кладка стен из бутового камня с одновременной облицовкой кирпичом (рис. VI.8,*в*). Облицовку ведут по многорядной системе, связывая каждый 4—6-й тычковый ряд облицовки с бутовой кладкой.

Стены и столбы толщиной 0,6—0,7 *м* из бутового камня возводят ярусами высотой до 1—1,2 *м*. Для более толстых стен высоту яруса понижают. Разница в высоте кладки между смежными участками допускается не более 1,2 *м*. Если по условиям производства работ получаются разрывы высотой до 4 *м*, надо обеспечивать монолитность кладки, устраивая в местах разрыва уступы и т. п.

Перерывы при бутовой кладке делают только после заполнения раствором промежутков между камнями верхнего выложенного ряда. В сухую жаркую и ветреную погоду кладку защищают от высыхания. При возобновлении работ после перерыва поверхность кладки очищают от мусора и, если надо, увлажняют, затем настилают раствор и продолжают кладку.

Горизонтальность и прямолинейность рядов, особенно верст, выдерживают по причалке, закрепляемой на порядовках. Иногда в траншеях устанавливают шаблоны (рис. VI.8,*б*), что облегчает контроль за размерами и формой фундамента.

Ленточные фундаменты и стены толщиной более 80 *мм* способом под лопатку кладут звенья из трех человек, кладку более тонких стен и столбов — звенья-«двойки». Ведущий каменщик натягивает причалку, выкладывает верстовые ряды и проверяет кладку, а каменщики более низкого разряда набрасывают и разравнивают раствор, подают камень, кладут забутку и расщебенивают кладку. При работе звеном-«двойкой» забутку кладут оба каменщика.

Организация рабочего места при кладке бутовых фундаментов зависит от глубины траншеи. Если она не

превышает 1,25 *м*, ящики для раствора и камень располагают вне траншеи (рис. VI.8,*г*). Каменщик-подсобник, находясь на берме, подбирает камни и подает их в траншею каменщику более высокой квалификации, а также подает раствор ковшом-лопатой.

Камень и щебень при кладке на глубине более 1,25 *м* располагают также вне траншеи и подают по желобу на деревянный щит, уложенный на кладку, а ящики с раствором устанавливают непосредственно на кладку (рис. VI.8,*д*).

§ 2. БУТОБЕТОННАЯ КЛАДКА

Бутобетонной называется кладка, состоящая из бетонной смеси и камней, втапливаемых в нее горизонтальными рядами с последующим вибрированием.

Бутобетонную кладку ведут враспор со стенками траншеи (в плотных грунтах) или в опалубке. Бетонную смесь укладывают горизонтальными слоями вывысотой до 0,2 *м*. Наибольшие камни, втапливаемые в бетон, в поперечнике не должны превышать $^1/_3$ толщины возводимой конструкции. Камни втапливают на половину их высоты, оставляя между ними зазоры по 4—6 *см*, и вибрируют кладку (при подвижности смеси 5—7 *см*) или уплотняют ее трамбованием (если подвижность смеси 8—12 *см*).

Бутобетонная кладка прочнее и менее трудоемка, чем бутовая, но требует большого расхода цемента и пиломатериалов для устройства опалубки.

Глава 6

ВОЗВЕДЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ И СТЕН ИЗ КРУПНЫХ БЛОКОВ

Крупные блоки в строительстве применяют для возведения подземных и наземных частей зданий. Блоки изготовляют из природных и искусственных камней (известняка-ракушечника, туфа, легких и тяжелых бетонов и из кирпича) как с офактуренной, так и неофактуренной лицевой поверхностью.

§ 1. КЛАДКА ФУНДАМЕНТОВ И СТЕН ПОДВАЛА

После разбивки осей здания и устройства песчаной или бетонной подготовки по углам здания устанавливают фундаментные блоки-подушки, а через каждые 15—20 *м* — аналогичные промежуточные маячные блоки, затем по натянутой вдоль линии фундаментов проволоке размещают все остальные блоки первого ряда. Поверх них устраивают 3-сантиметровый армированный пояс из цементного раствора (рис. VI.8,*е*). Диаметр арматурных стержней — 8—10 *мм*.

Фундаментные и стеновые блоки подземной части здания монтируют самоходным стреловым краном, краном-«нулевиком», который представляет собою башенный кран с укороченной башней (рис. VI.8,*е*, *15*), или башенным краном, принятым для монтажа наземной части здания.

По верхнему обрезу последнего ряда стен подвала (подполья) устраивают 5—10-сантиметровый пояс из бетона, армированного стальными стержнями диаметром 12—14 *мм*. По этому выравнивающему слою делают гидроизоляцию из двух слоев рубероида на битумной мастике.

§ 2. ВОЗВЕДЕНИЕ СТЕН НАЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ

Крупные блоки для наружных стен устанавливают под расшивку швов или под облицовку, а внутренних стен — под штукатурку. Блоки укладывают в стенах рядами.

В зависимости от количества рядов блоков, приходящихся на один этаж, крупноблочные здания возводят с двух-, трех- или четырехрядной разрезкой стен (рис. VI.9, *а—г*).

Процесс возведения (монтажа) стен крупноблочных зданий состоит из раскладки раствора, подъема и установки блоков на место, заполнения вертикаль-

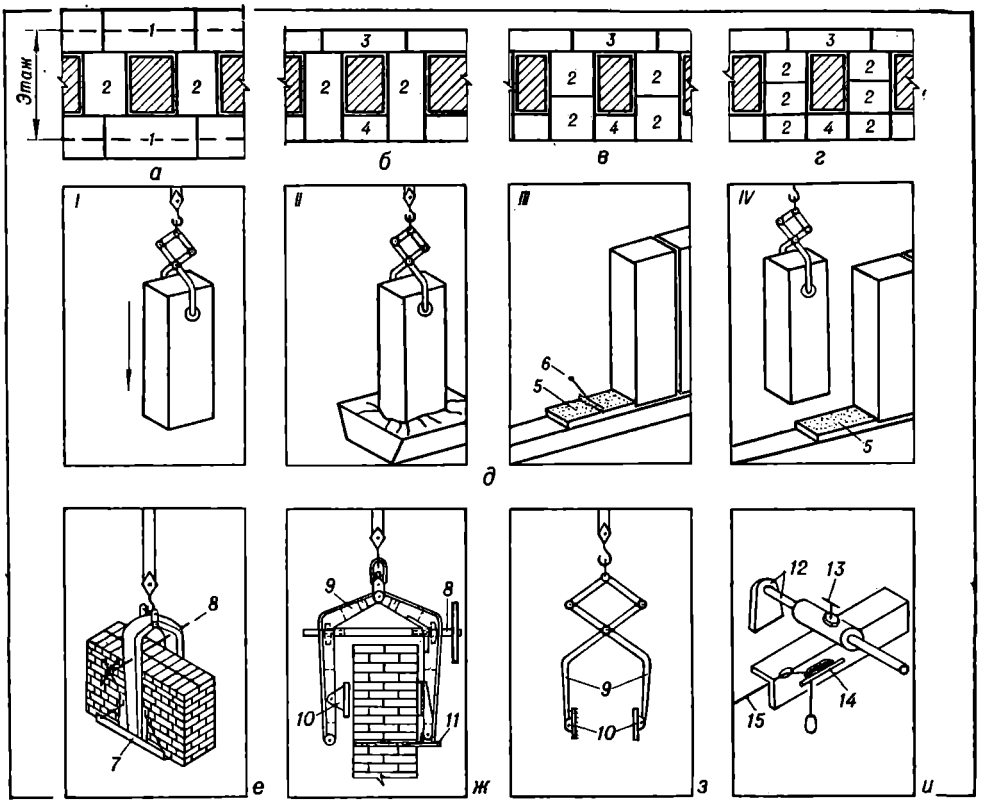


Рис. VI.9. Возведение стен из крупных блоков:

а, б — двухрядная разрезка стен из бетонных блоков и блоков из природного камня; *в, г* — трех- и четырехрядная разрезка стен из кирпичных блоков; *д* — операции, выполняемые при монтаже блоков из природного камня: *I* — центровка блока; *II* — замачивание постели блока; *III* — устройство постели из раствора; *IV* — установка блока клещевым захватом; *е* — строповка кирпичного блока винтовым захватом; *ж* — установка этого блока в проектное положение; *з* — клещевой захват для установки блоков из природного камня; *и* — держатель причалки; *1, 2, 3, 4* — поясные, простеночные, перемычечные и подоконные блоки; *5* — постель из раствора; *6* — зубчатый шаблон-гребенка для разравнивания раствора; *7* — опорный уголок; *8* — стяжной винт со штурвалом; *9* — лапы захвата; *10* — зажимающие щеки; *11* — клин; *12* — прижимной стержень с пятой; *13* — стопорный винт; *14* — скоба для наматывания причалки; *15* — причалка.

ных швов и образуемых между блоками полостей пазов раствором и расшивки наружных швов.

При раскладке раствора под крупные блоки следует распределять его равномерно. Высокое качество шва получается, если накладывать раствор на нижние ряды блоков в рамку, ширина которой равна толщине кладки, а длина — размеру блока по длине. Высота рамки определяется заданной толщиной шва. Когда устанавливают вентиляционные и дымовые блоки, имеющиеся в них отверстия на время устройства постели из раствора закрывают заглушками.

Раствор подают ковшом-лопатой и разравнивают скребками или линейками, после чего снимают рамки и вынимают заглушки.

Для подъема и установки блоков в зависимости от их типа применяют различные захваты. Бетонные блоки захватывают двухветвевыми стропами за петли, заделанные в бетон при изготовлении; блоки из кирпича и пильного известняка или туфа захватывают обжимающими захватами, два из которых приведены на рис. VI.9, *д—з*.

Перед установкой блока на место на выровненный слой раствора укладывают

не менее двух клиньев, которые в дальнейшем используют для приведения блока в проектное положение (рис. VI.9,*ж*). При монтаже наружных стеновых блоков клинья кладут с внутренней стороны, а при монтаже внутренних стен — со стороны, где стоят монтажники. После установки блоков на место отвесом-линейкой проверяют их вертикальность, частично выбивая клинья из шва, опускают его внутреннюю сторону до приведения блока в вертикальное положение. Забивать клинья обратно запрещено, так как это может привести к образованию пустот в горизонтальном шве. Горизонтальность положения блоков проверяют уровнем.

Монтаж наружных стен начинают с угла, затем в местах примыкания наружных и внутренних стен устанавливают маячные блоки. Между ними на специальных держателях (рис. VI.9,*и*) закрепляют и натягивают причалку, по которой устанавливают промежуточные блоки.

Заполнение вертикальных швов. Между уложенными блоками образуются вертикальные открытые и закрытые полости. *Открытые полости* заполняют легкобетонными вкладышами, пустотелыми керамическими блоками или кирпичом, а затем заполняют образовавшиеся пазы раствором. *Закрытые полости и пазы* заполняют раствором сразу же после установки блоков.

Заполнение полостей шлакобетоном и вертикальных пазов раствором осуществляют растворонасосом из бункера через воронку или ковшом-лопатой.

Чтобы раствор не вытекал из вертикальных швов, их до заполнения рекомендуется законопачивать с обеих сторон или накладывать опалубку-нащельник из досок, обитых пористой резиной, которая хорошо прилегает к поверхности двух смежных блоков и легко отстает от схватившегося раствора.

Расшивку наружных швов (вертикальных и горизонтальных) выполняют густопластичным раствором с навесных подмостей или люлек.

Глава 7

ПОДМОСТИ И ЛЕСА

Подмостями и лесами называют устройства, с помощью которых изменяют уровень рабочего места каменщика.

Подмости имеют высоту 1—2,4 *м*. Эти переносные устройства применяют при кладке стен и столбов зданий с междуэтажными перекрытиями, устанавливая их внутри здания (на грунт или перекрытие). С этажа на этаж подмости переставляют монтажным краном.

С лесов возводят стены одноэтажных зданий (промышленные цеха, спортивные сооружения и др.) высотой более 6 *м*. Обычно леса устанавливают на подкладки из досок, укладываемых на предварительно выровненную поверхность земли снаружи здания. Леса позволяют вести работы снизу доверху без перестановки стоек или подвесок.

С целью экономии материалов целесообразно применять изготавливаемые по типовым проектам инвентарные панельно-блочные и шарнирно-панельные подмости, переносные площадки, стоечные и подвесные леса.

Панельно-блочные подмости (рис. VI.10,*а,б*) не требуют сборки и разборки в ходе эксплуатации. В таких подмостях с откидными металлическими опорами каждый блок представляет собою пространственную конструкцию из ферм высотой 1 *м*, сваренную из уголковой стали. К верхнему поясу ферм подмостей на болтах укреплен деревянный настил, с которого ведут кладку. Подмости ограждают инвентарными перилами. К нижней части блока шарнирно прикреплены откидные опоры высотой 1 *м*, которые служат для наращивания подмостей. Эти опоры крепят по одной к торцу блока или по две к каждой продольной стороне. В первом случае подмости устанавливают вдоль панелей перекрытия, а во втором — поперек.

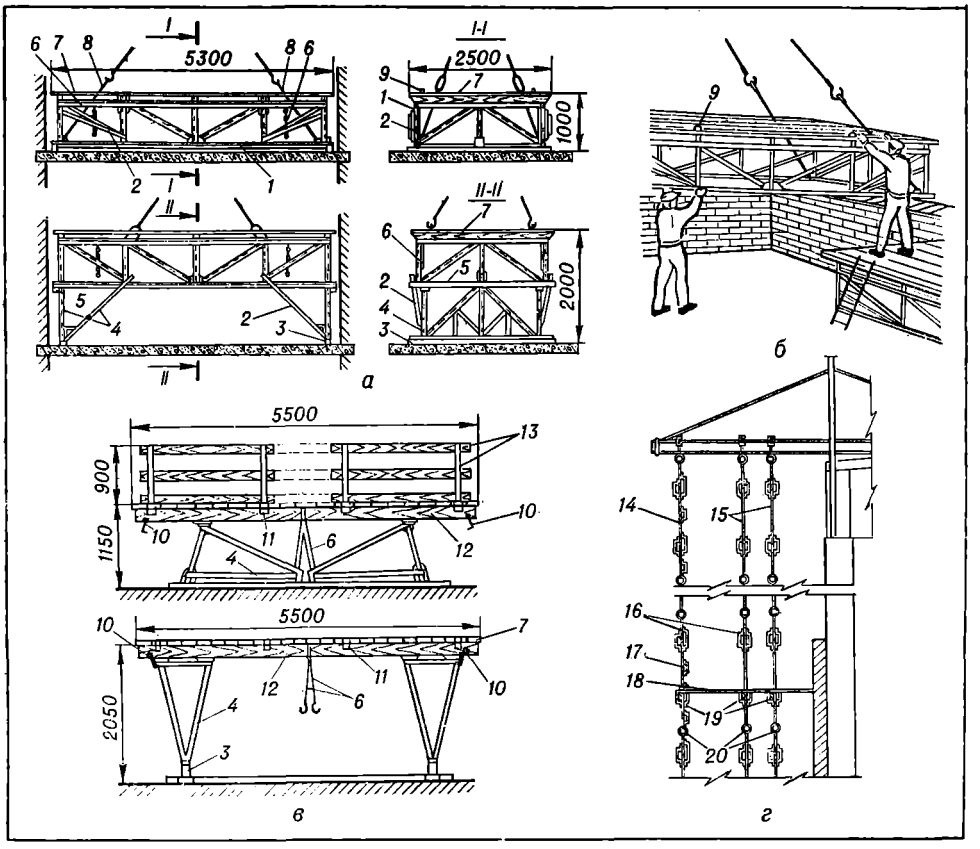


Рис. VI.10. Подмости и леса:

а — панельно-блочные подмости; *б* — установка этих подмостей для кладки стен II яруса; *в* — шарнирно-панельные подмости; *г* — подвесные (струнные) леса; *1* — фермы блока; *2* — диагональные связи; *3* — нижний деревянный брус откидной опоры; *4* — откидные опоры; *5* — верхний брус; *6* — цепи (тросы) для закрепления откидных опор; *7* — рабочий настил; *8* — тросовые подвески; *9* — кольца для подъема подмостей; *10* — накидные скобы; *11* — гнезда для стоек ограждения; *12* — прогоны настила; *13* — ограждение; *14* — наружная подвеска; *15* — внутренние подвески; *16* — проушины для прогонов под настил; *17* — перила; *18* — щит рабочего настила; *19* — прогоны; *20* — болтовые соединения.

На перекрытие подмости поднимают и устанавливают кранами, при этом блок захватывают за тросовые подвески, прикрепленные к откидным опорам. В результате откидные опоры остаются в горизонтальном положении.

На подмостях со сложенными опорами кладку ведут до высоты 2,2 *м*, а затем подмости поднимают за специальные серьги. В этом случае откидные опоры под влиянием собственного веса опускаются, их закрепляют диагональными связями в вертикальном положении и продолжают кладку следующего яруса.

Шарнирно-панельные подмости более просты по конструкции (рис. VI.10,*в*) и состоят из двух металлических сварных ферм-опор с прикрепленными к ним деревянными брусьями и дощатого настила по прогонам.

Переносные площадки, применяемые для кладки наружных стен лестничных клеток, устанавливают краном на поперечные внутренние стены лестничной клетки. Площадка представляет собой раму из швеллеров и уголков (в торцах) со щитовым настилом и деревянным ограждением.

Стоечные леса (см. рис. XIII.8) — безболтовая пространственная конструкция высотой до 40 *м*, состоящая из двух рядов трубчатых стоек длиной 4 и 2 *м* и диаметром 60 *мм*, ригелей того же диаметра и длиной 2 *м*, щитового деревянного настила толщиной 50 *мм*, ограждений, крюков и анкеров для крепления лесов к стенам. В каждой стойке с одного конца имеется втулка диаметром 48 *мм*, в которую при наращивании лесов вставляют нижним концом следующую стойку. Через каждый метр по высоте к стойкам с четырех сторон приварены трубки длиной 150 *мм*, диаметром 26 *мм* для крепления ригелей. Стыки стоек располагают вразбежку, для чего в первом ярусе чередуют стойки длиною 4 и 2 *м*, а во всех остальных ярусах монтируют 4-метровые стойки. В местах расположения всех стыков внутреннего ряда стоек леса крепят к стенам анкерами и крюками из круглой стали.

По мере возведения стен леса наращивают, всегда укладывая два яруса настила — верхний (рабочий) и нижний (защитный), которые перемещают вручную через каждый метр по высоте.

Подвесные леса (струнные) применяют для заполнения кирпичной кладкой стен каркасных зданий (рис. VI.10,*г*). Струны — подвески из круглой стали — подвешивают к верхним поддерживающим конструкциям (консольные балки, фермы), прикрепленным к каркасу здания. В проушины струн укладывают прогоны, а по ним настилают деревянные щиты, устанавливают ограждения и стремянки. Для изменения уровня рабочего места перекладывают щиты настила с одного яруса на другой. Общая высота лесов — до 40 *м*.

Подмости и леса любой конструкции устанавливают так, чтобы между настилом и стеной оставался зазор 50 *мм* для контроля качества поверхности конструкций.

Глава 8

ВОЗВЕДЕНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Зимними условиями для возведения каменных конструкций согласно СНиП III-В.4-72 следует считать такие, при которых среднесуточная температура наружного воздуха ниже +5° С и минимальная суточная ниже 0° С.

Наиболее распространенным и экономичным методом кладки в зимних условиях является ***способ замораживания***. Суть его заключается в том, что раствор в швах кладки довольно быстро замерзает и процесс его твердения начинается только после оттаивания кладки.

В свежеуложенной кладке (в обычных условиях) вследствие капиллярно-пористой структуры камня происходит влагообмен — свободная вода из раствора переходит в камень, швы уплотняются. В зимних же условиях этот процесс прекращается с замерзанием раствора. Большая часть свободной воды, оставаясь в растворе, превращается в лед, расширяясь при этом и препятствуя обжатию швов. Таким образом, в замерзшем растворе кладки возникают силы внутреннего давления, значительно повышающие прочность раствора. Однако с наступлением весны прочность раствора снижается к концу оттаивания до критической величины, близкой к нулю, а следовательно, резко уменьшается и прочность кладки. Это объясняется тем, что при замерзании раствора силы внутреннего давления частично нарушают кристаллизационную структуру начальных образований цементного теста, которая при твердении после оттаивания восстанавливается не полностью.

На основе этих физико-химических особенностей разработаны следующие **способы каменной кладки в зимних условиях:**

замораживанием на обыкновенных растворах с ограничением высоты конструкций;

замораживанием с временным усилением конструкций нижележащих этажей на период набора кладкой расчетной прочности;

замораживанием кладки вышележащих этажей с искусственным отогревом конструкций нижележащих этажей до достижения ими расчетной несущей способности;

искусственным прогревом или обогревом отдельных конструкций подогретым воздухом или электроэнергией;

в тепляках;

на растворах с противоморозными добавками.

Способы замораживания пригодны для конструкций, возводимых из камней правильной формы (кирпича, керамических, бетонных, шлакобетонных и природных камней, крупных блоков, а также постелистого бута), и не допускаются для конструкций, подверженных в процессе оттаивания динамическому воздействию либо возводимых в сейсмических районах; для тонкостенных сводов, карнизов с выносом более 200 *мм*, рядовых перемычек пролетом более 1500 *мм* и др.

Для кладки способом замораживания применяют пластичные, удобоукладываемые цементные и сложные растворы подвижностью 9—13 *см* для конструкций из полнотелого кирпича и бетонных камней; 7—8 *см* — из дырчатого кирпича и пустотелых камней и 4—6 *см* — из бутового камня. Раствор готовят на подогретой воде и заполнителях. Кирпич и камни тщательно очищают от снега и наледи.

Требуемая температура раствора в момент его укладки зависит от температуры наружного воздуха и должна быть достаточной, чтобы по длительности остывания (15—20 *мин*) обеспечить некоторый влагообмен между раствором и кладкой и обжатие шва до замерзания раствора, а именно: при температурах наружного воздуха выше —10, от —11 до —20 и ниже —20° С и скорости ветра до 6 *м/сек* температура раствора должна быть соответственно 5, 10 и 15° С; если наружные температуры те же, но скорость ветра превышает 6 *м/сек*, раствор должен иметь температуру не ниже 10, 15 и 20° С.

Поскольку при замерзании в раннем возрасте конечная прочность раствора снижается, его марку по сравнению с маркой, пригодной для летних условий, надо увеличивать. Так, марку раствора повышают на одну или две ступени при среднесуточной температуре наружного воздуха соответственно от —4 до —20 и ниже —20° С. Марку раствора принимают такую же, как и для летних условий, если среднесуточная температура наружного воздуха не ниже —3° С, а также если каменные конструкции нагружены не более чем на 70% расчетной несущей способности. Это объясняется тем, что снижение прочности кладки, выполненной при любых морозах, не превышает 30%.

В связи с изложенным марки раствора для кладки из кирпича и камней правильной формы должны быть не ниже: 10 — для фундаментов и стен; 25 — для столбов; 50 — для карнизов и рядовых перемычек; 25 — для бутовой кладки.

Во время оттаивания кладки, выполненной в зимних условиях, за ней тщательно наблюдают и принимают меры, обеспечивающие устойчивость возведенных конструкций (затенение стен рулонными материалами для предотвращения их одностороннего прогрева солнцем, временное крепление висячих стен и др.). Наблюдение ведут за величиной, направлением и равномерностью осадок кладки; развитием деформаций (в случае их появления); процессом твердения раствора в швах кладки.

Осадка оттаивающей кладки может достигнуть 1 *мм* на 1 *м* высоты. В период оттаивания монолитность кладки снижается и она представляет собой конструкцию из камней правильной формы, временно не скрепленных друг с другом раствором. Поэтому перед оттаиванием кладки с перекрытий снимают случайные нагрузки, заделывают оставленные в кладке штрабы, гнезда, принимают меры для предотвращения горизонтальных давлений на кладку.

Чтобы обеспечить устойчивость каменных конструкций, возводимых методом замораживания, выполняют ряд

конструктивных, организационных и технологических мероприятий:

в углах, примыканиях и пересечениях стен укладывают стальные связи;

в проемах над оконными и дверными коробками оставляют зазоры на осадку не менее 5 *мм* при кирпичной кладке и 3 *мм* при кладке из искусственных и природных камней правильной формы;

сразу по окончании кладки стен и столбов каждого этажа монтируют элементы перекрытия и анкерят их к стенам не реже чем через 2—3 *м*;

стропила крыши делают безраспорными;

разница по высоте в уровнях кладки смежных участков стен (если нет осадочного шва) должна быть не больше 4 *м*.

Если обнаружены признаки перенапряжения кладки (трещины, неравномерная осадка и т. п.), нагрузки на нее должны быть снижены. Например, при перенапряжении в простенках и столбах опорное давление от перемычек и прогонов передают на временные стойки, которые устанавливают на клиньях.

Обнаружив значительные отклонения от вертикали оттаявших стен и столбов, их приводят в проектное положение сжимами, схватками, подкосами на клиньях и т. д.

Недооценка явлений, происходящих в кладке в процессе оттаивания, может привести не только к порче конструкций, но и к авариям. Поэтому в технологических картах на производство каменных работ должны быть приведены специальные указания, учитывающие зимние условия (предельные высоты стен и столбов, способы временного крепления стен, простенков, столбов, балконов, карнизов и т. д.), а также меры для повышения прочности кладки (сетчатое армирование, применение раствора повышенных марок). При отсутствии в проекте подобных указаний выполнять каменную кладку методом замораживания запрещается.

Обогрев подогретым воздухом. Чтобы предохранить замерзшую кладку от осадки весной и повысить ее несущую способность, одновременно с возведением верхних этажей организуют внутренний обогрев и сушку помещений нижерасположенных этажей воздухом, подогретым нефтегазовыми калориферами. В течение первых трех—пяти суток поддерживают температуру 30—35° С, затем снижают ее до 20—25° С. После подключения центрального отопления калориферы убирают. На высушенных этажах приступают к отделочным работам.

Когда способ замораживания не обеспечивает заданной проектом прочности, для отдельных конструкций (участков фундамента, нижних частей стен, углов, столбов и других элементов кладки) можно применять прогрев (обогрев) электроэнергией. При этом раствор в швах должен быть *незамерзшим*. Прогревают кладку одиночными или групповыми электродами (отдельные стержни или сетки из арматурной стали диаметром 4—6 *мм*), уложенными в горизонтальные швы кирпичной кладки, которые подключают к разным фазам переменного тока напряжением 220—380 *в*. Конструкции прогревают при температуре 30—35° С до приобретения раствором 20% проектной прочности

Для электрообогрева бутобетонной кладки электроды прикрепляют к опалубке.

Кладку фундаментов можно выполнять в тепляках, где воздушными калориферами поддерживают температуру не ниже +5° С до приобретения кладкой прочности, требуемой к моменту замерзания. После этого тепляк разбирают или переносят на новое место, а пазухи засыпают талым грунтом.

Для снижения температуры замерзания раствора и обеспечения его обжатия и частичного твердения при отрицательных температурах в раствор вводят химические добавки: хлориды кальция и натрия, нитрат натрия и поташ. Однако хлориды кальция и натрия повышают гигроскопическую влажность кладки и могут привести к появлению высолов, поэтому их применяют только для возведения подземных частей конструкций.

Растворы с химическими добавками, приготовляемые и применяемые в соответствии с указаниями специальных инструкций, замерзают при более низкой

отрицательной температуре, вследствие этого стадия охлаждения удлиняется, раствор успевает хорошо уплотниться и набрать некоторую прочность до замерзания.

Растворы с добавкой нитрата натрия набирают прочность при температуре наружного воздуха не ниже —15° С. Если температура снижается еще более, они почти не твердеют.

Растворы с добавкой поташа твердеют до температуры минус 25 ÷ 30° С, но сроки их схватывания сильно сокращаются, поэтому, приготовляя такие растворы, в их состав нужно дополнительно вводить замедлитель схватывания, например сульфитно-спиртовую барду (0,5—2,5% массы цемента).

Сильно нагруженные конструкции (столбы, простенки и т. д.) в зимних условиях кладут на быстротвердеющем растворе, который готовят на смеси вяжущих: 75% портландцемента и 25% глиноземистого цемента с добавкой хлорида натрия (5% массы воды затворения). Этот раствор очень быстро схватывается, и его надо укладывать в дело не позднее чем через 10—15 *мин* после приготовления.

При производстве каменных работ в зимних условиях обязательно ведут журнал, в котором не менее трех раз в сутки отмечают температуру наружного воздуха и раствора в момент его укладки, а также температуру самой кладки, замеряемую в швах (в случае ведения кладки с искусственным прогревом), и возможные изменения в конструкциях кладки (трещины, неравномерная осадка и др.).

Глава 9

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КЛАДКИ И МОНТАЖА ПОЭТАЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Каменная кладка — один из комплексных процессов возведения несущих конструкций зданий и сооружений, состоящий из простых процессов: устройства подмостей, подачи материалов и кладки (бутовой, кирпичной, мелкоблочной и крупноблочной).

При строительстве многоэтажных зданий в комплексный процесс возведения стен добавляется процесс монтажа сборных поэтажных конструкций.

Проектируя поточную организацию процесса возведения поэтажных конструкций, его расчленяют на простые процессы и устанавливают их ритмичное и согласованное выполнение во времени и пространстве. Для этого здание в плане делят на захватки, на которых последовательно выполняются все процессы. В качестве захватки принимают повторяющуюся часть здания (в жилищном строительстве — это одна секция дома в пределах этажа) и делят этаж минимум на две захватки. На одной из них возводят стены на высоту этажа и выполняют сопутствующие работы, а на второй тем временем монтируют сборные конструкции. Длительность кладочных и монтажных работ на захватке должна быть одинаковой. Закончив кладку этажа, каменщики переходят на вторую захватку.

При работе одним краном на двух захватках достигают высокой производительности труда, выполняя в первую смену кладку стен на высоту одного яруса, во вторую — монтаж перекрытий, элементов лестничных клеток и других сборных элементов, а в третью — подготавливая фронт работ для каменщиков (установка подмостей, подача материалов). На рис. VI.11,*а,б* приведена схема такой организации работ.

Если небольшие здания в сжатые сроки возводят каменщики, освоившие также профессию монтажников, все работы можно организовать на одной захватке. В этом случае состав бригады подбирают так, чтобы по всему периметру здания кладка на высоту яруса выполнялась за одну смену. Фронт работ готовят во вторую смену. По окончании кладки одного этажа та же бригада выполняет монтажные работы, затем приступает к кладке стен следующего этажа.

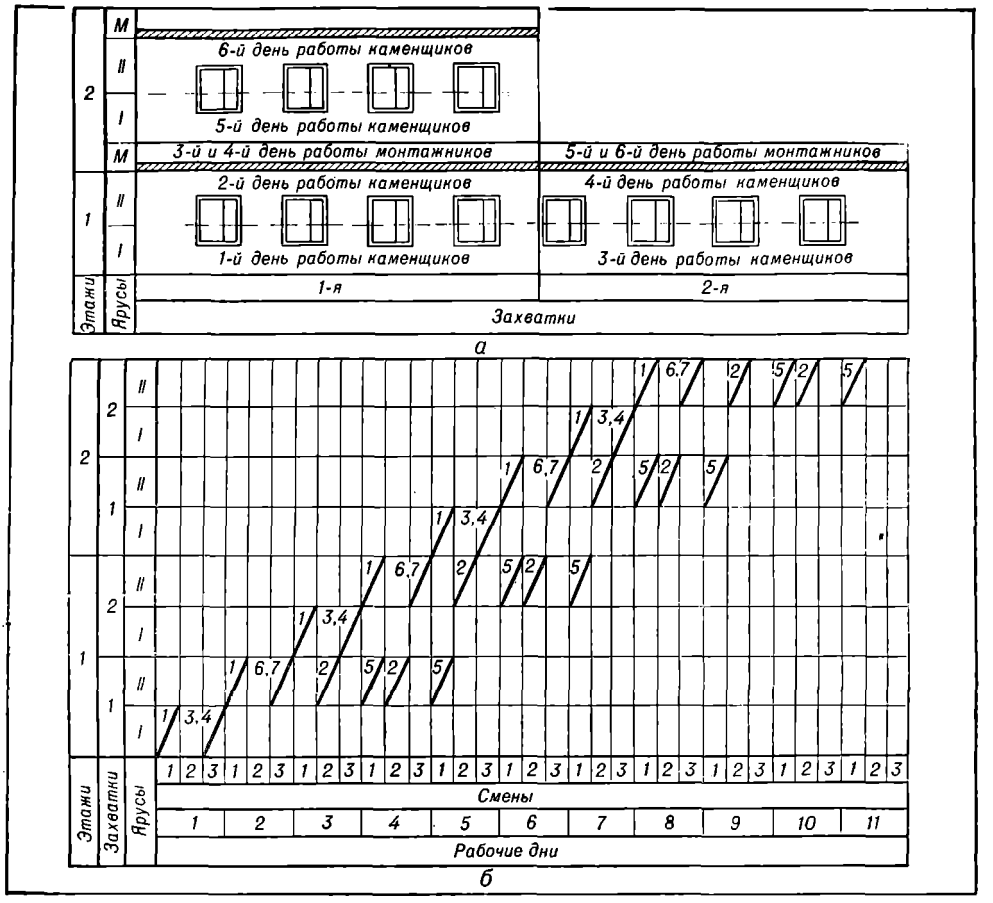


Рис. VI.11. Схема поточной организации производства каменных и монтажных работ:

а — последовательность перехода каменщиков и монтажников по захваткам и ярусам; *б* — циклограмма производства работ; *М* — монтаж сборных железобетонных конструкций; *1* — кладка стен; *2* — монтаж конструкций перекрытий; *3* — заполнение оконных и дверных проемов; *4* — установка подмостей; *5* — заделка швов; *6* — разборка подмостей; *7* — подъем материалов и изделий в контейнерах для поэтажных работ.

§ 2. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА РАБОТ

Соответствие кладки каменных конструкций проекту и требованиям СНиП контролируют в процессе их возведения и во время приемки (до оштукатуривания). Проверяют вертикальность поверхностей стен и углов, прямолинейность и горизонтальность рядов, толщину и заполнение швов. Для контроля правильности заполнения швов раствором в разных местах кладки снимают кирпичи выложенного ряда (две-три проверки на этаж). Обнаруженные дефекты исправляют.

Особое внимание во время приемки работ надо уделять скрытым работам, которые закрываются последующими элементами кладки и других конструкций. К скрытым работам относятся устройство оснований и фундаментов, гидроизоляция кладки, укладка арматуры, установка закладных деталей и защита их от коррозии, закрепление карнизов и балконов, опирание ферм, прогонов, балок, плит и заделка их в кладке.

Скрытые работы контролируют и принимают непосредственно в процессе их выполнения. На каждый вид этих работ составляют акт, в котором дают оценку

их качеству, отмечают соответствие проекту и СНиП. После этого разрешается производство последующих работ, закрывающих выполненные.

§8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Причинами травматизма при возведении каменных конструкций является невыполнение предусмотренных технологическими картами инженерных мероприятий, обеспечивающих безопасное транспортирование материалов к рабочим местам, установку и эксплуатацию инвентарных лесов и подмостей, нарушение требований техники безопасности о защитных зонах и установке козырьков, неправильные приемы работы, допускающие падение с высоты материалов и инструмента.

Подавать камень к рабочему месту в котлован или траншею надо по деревянным желобам. Рабочие должны спускаться в котлованы по стремянкам с перилами, а в траншеи — по приставным лестницам. Вокруг бровки выемки должна быть оставлена свободная полоса шириной не менее 0,5 *м*.

Кирпич и мелкие блоки следует подавать к рабочему месту каменщика пакетами на поддонах при помощи подхватов с ограждениями, исключающими выпадение отдельных камней. При возведении стен из крупных блоков захватные приспособления следует снимать только после окончательной установки блока в проектное положение.

Леса и подмости должны быть прочными и устойчивыми. Стойки трубчатых лесов надо устанавливать на дощатые подкладки толщиной 50 *мм*, укладываемые на спланированную полосу, и крепить к стене крючьями за анкеры, которые заделывают в нее по ходу кладки. Жесткость и неизменяемость лесов в плане обеспечивается установкой жестких диагональных связей. Трубчатые леса должны быть обеспечены молниезащитными и заземляющими элементами.

При кладке стен с внутренних подмостей по периметру здания (сооружения) обязательна установка наружных защитных козырьков — сплошного настила шириной 1,5 *м* по кронштейнам с подъемом от стены вверх под углом 20° (~~см. рис. VI.4,г~~). Первый ряд козырьков закрепляют до окончания кладки стен на высоте 6—7 *м* от земли, а второй устанавливают и затем переставляют через каждые 6—7 *м* по высоте кладки. Козырьки рассчитывают на равномерно распределенную снеговую и сосредоточенную нагрузку 160 *дан* (*кгс*), приложенную посредине пролета. Над входами в лестничные клетки необходимо устраивать навесы размерами в плане 2 × 2 *м*.

Каждый ярус стены следует выкладывать так, чтобы после укладки настила лесов (либо установки подмостей) и панелей междуэтажных перекрытий он был выше уровня рабочего места каменщика на 2—3 ряда кладки.

Рабочий настил лесов непременно ограждают инвентарными решетчатыми щитами, а подмости — перилами высотой не менее 1 *м*, состоящими из поручня и промежуточной и бортовой досок высотой не менее 150 *мм*. Зазор между стеной и рабочим настилом лесов не должен превышать 50 *мм*. Настилы лесов и подмостей надо регулярно очищать от мусора, а зимой — также от снега, наледи и посыпать песком.

К началу кладки на очередном этаже должны быть установлены лестничные площадки и марши, а также балконы и к ним приварены ограждения.

Все проемы в стенах, расположенные на уровне настила или не выше 0,6 *м* от его поверхности, если они ведут из здания или в соседние помещения, лифтовые шахты без настила и т. п. необходимо закрывать инвентарными ограждениями.

РАЗДЕЛ VII

ВОЗВЕДЕНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Глава 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Бетонные и железобетонные конструкции используют при возведении большинства зданий и сооружений. Область применения этих конструкций все время расширяется, что объясняется многими их преимуществами. Бетон долговечен, хорошо сопротивляется воздействию внешней среды и обеспечивает защиту арматуры от коррозии. Благодаря надежному сцеплению бетона со стальной арматурой оба материала работают совместно, что дает возможность в наибольшей степени использовать физико-механические свойства каждого из них. Стоимость железобетонных конструкций с учетом небольших эксплуатационных расходов обычно ниже стоимости стальных конструкций того же назначения.

В зависимости от способа производства работ различают монолитные, сборные и сборно-монолитные бетонные и железобетонные конструкции с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой.

Монолитные конструкции возводят непосредственно на строительной площадке, устанавливая арматуру и укладывая бетонную смесь в опалубку.

Из монолитного бетона и железобетона сооружают массивные фундаменты под колонны и сложное энергетическое и технологическое оборудование, стены, колонны, тяжелые балки, резервуары, бассейны, силосы для хранения сыпучих материалов, дымовые трубы, градирни, телевизионные и другие башни, сложные арочные и сводчатые покрытия из тонкостенных оболочек, подготовки под полы, а также многоэтажные жилые и общественные здания.

Особенно эффективны монолитные конструкции из железобетона в местностях с высокой сейсмичностью. Широко практикуются специальные методы возведения монолитных конструкций: под водой, из жаростойких, кислотостойких и щелочестойких бетонов, а также из особо тяжелых бетонов.

Предварительно напряженные конструкции по технологии их изготовления отличаются от железобетонных конструкций, имеющих обычное армирование.

Сущность предварительного напряжения заключается в том, что еще до нагружения конструкции в растянутой зоне бетона создается обжатие, вызываемое предварительным натяжением арматуры в пределах до 70% нормативного сопротивления арматурной стали.

Предварительно напряженные конструкции по сравнению с обычными железобетонными более трещино- и морозостойки. Использование для их изготовления высокопрочных сталей и бетона марок 600—800 дает возможность снизить расход металла на 30—40% в конструкциях, перекрывающих большие пролеты. В построечных условиях арматуру натягивают на бетон, затвердевший до 70—100% проектной прочности.

Сборные конструкции монтируют из деталей заводского изготовления.

Сборно-монолитные конструкции монтируют из сборных элементов и попутно выполняют монолитные части сооружения, объединяющие эти элементы в одно целое.

§ 2. СОСТАВ КОМПЛЕКСНОГО ПРОЦЕССА

Комплекс работ по возведению монолитных бетонных и железобетонных конструкций состоит из заготовительных,

транспортных и монтажно-укладочных процессов (рис. VII.1).

Заготовительные и транспортные процессы — изготовление опалубки, заготовка ненапрягаемой и напрягаемой арматуры, сборка арматурно-опалубочных блоков, выбор материалов, подбор состава и приготовление бетонной смеси — осуществляют, как правило, в специально оснащенных цехах, установках или на заводах. Опалубку, арматуру, арматурно-опалубочные блоки и бетонную смесь к строящимся объектам доставляют обычными или специальными технологическими транспортными средствами.

К монтажно-укладочным процессам, которые рекомендуется выполнять поточными методами, выделяя специализированные потоки в составе объектных потоков, относятся: установка опалубки и арматуры, монтаж арматурных и арматурно-опалубочных блоков, подача, распределение и уплотнение бетонной смеси, уход за уложенным бетоном, натяжение арматуры и инъецирование растворной смеси в каналы (при возведении предварительно напряженных конструкций), контроль качества, распалубливание готовых конструкций и их отделка.

Возведение монолитных железобетонных конструкций — тяжелый и трудоемкий процесс. Выполнением основных операций занято только 80—81% рабочих, в том числе бетонными работами 43—45, арматурно-сварочными — 13—14 и опалубочными — 24—25%. Остальные 20—16% рабочих загружены различными вспомогательными операциями. Многие процессы до сих пор еще выполняют, пользуясь простейшими ручными инструментами. Вытеснение ручного труда и снижение стоимости работ по возведению конструкций из монолитного железобетона — важнейшие задачи совершенствования технологии этих работ, поставленные перед строителями на ближайшую перспективу.

§ 3. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕХНОЛОГИЮ РАБОТ

Оптимальными для твердения бетона являются среднесуточная температура наружного воздуха +18° С и относи-

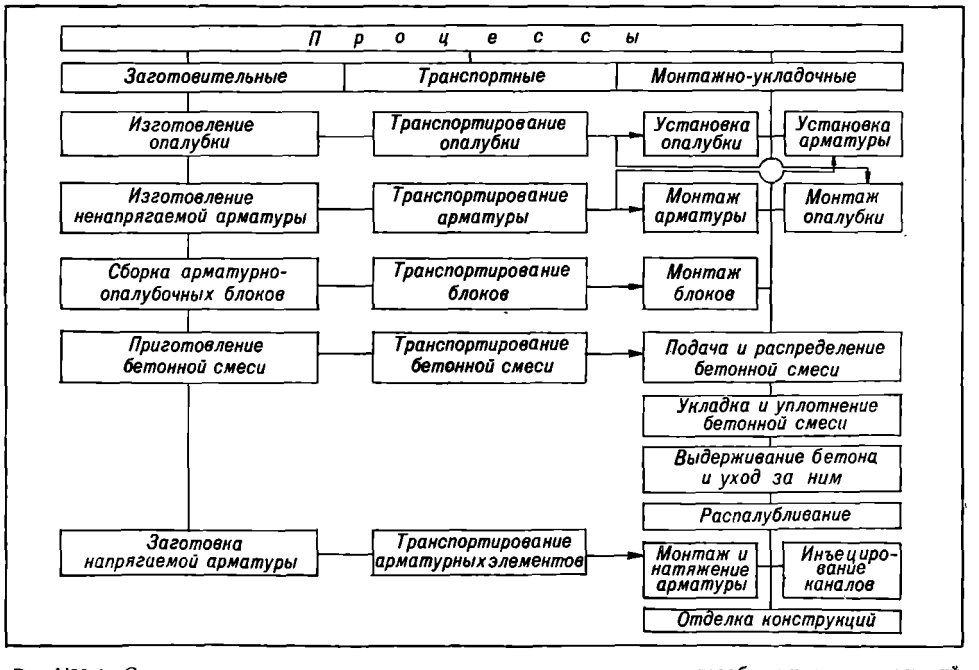


Рис. VII.1. Схема комплексного процесса возведения монолитных железобетонных конструкций.

тельная влажность 60%. При таком режиме бетонные работы ведут по обычной технологии.

В жарком сухом климате (при среднесуточной температуре наружного воздуха более 25° С и относительной влажности менее 50%) нужны особые меры по защите свежеуложенной бетонной смеси от пересыхания и обеспечению нормальных влажностных условий для твердения бетона.

При пониженной среднесуточной температуре наружного воздуха скорость нарастания прочности бетона замедляется, что следует учитывать при определении сроков распалубливания конструкций. Когда среднесуточная температура наружного воздуха снижается до +5° С, а минимальная суточная опускается ниже 0° С, наступают зимние условия и технологию производства бетонных работ соответственно изменяют. В среднем по стране около 40% всех бетонных работ выполняют в зимних условиях, а в северных районах — значительно больше.

Глава 2

УСТРОЙСТВО ОПАЛУБКИ

§ 1. ВИДЫ ОПАЛУБКИ И СОСТАВ ПРОЦЕССА

Опалубка вместе со вспомогательными устройствами служит для придания конструкции проектной формы, заданных размеров и положения в пространстве. Бетонную смесь укладывают в опалубку и выдерживают в ней до затвердения. Таким образом, опалубка имеет временное назначение: ее снимают после достижения бетоном распалубочной прочности. В последнее время стали применять опалубку, которая после бетонирования конструкции остается в ее теле в качестве монолитно связанной облицовки.

Различают следующие виды опалубки: разборно-переставную, передвижную катучую, подъемную переставную, подъемную скользящую, переставную объемную и опалубку-облицовку (рис. VII.2, *а*—*е*).

Конструкции опалубки, поддерживающих ее лесов или стоек, крепежных и других устройств должны быть жесткими, прочными и устойчивыми, обеспечивать легкость установки и разборки, а также соответствовать принятым для возведения данного сооружения способам армирования, укладки и уплотнения бетонной смеси. Поверхность опалубки, непосредственно примыкающая к бетону, должна быть плотной и не иметь щелей, чтобы не вытекало цементное молоко.

Важнейшим показателем качества опалубки является ее оборачиваемость, т. е. возможность многократного использования. Применение инвентарной многооборачиваемой опалубки из унифицированных элементов и укрупненных блоков способствует снижению трудоемкости и стоимости опалубочных работ, которые все еще остаются высокими. Опалубочные работы составляют 25—40% трудовых затрат на возведение железобетонной конструкции. Стоимость этих работ только в промышленном строительстве составляет ежегодно около 200 млн. руб. При этом на опалубку расходуется до 3 млн. $м^3$ леса и около 150 тыс. *т* стали.

Для изготовления опалубки используют такие материалы: доски из древесины II, III и IV сортов хвойных пород (допускается применение березы, ольхи, бука), водостойкую фанеру, листовую и сортовую сталь, стеклопластик, армоцементные, асбестоцементные листы и трубы, стальные тканные металлические сетки, надувные баллоны, а также бетонные или железобетонные плиты-оболочки.

Щиты опалубки могут быть из одного или нескольких материалов: деревянные, металлические, железобетонные, деревометаллические, стеклопластиковые с металлическим каркасом и др. Поддерживающие конструкции выполняют из круглого леса, инвентарных стальных, деревянных или деревометаллических стоек, рамных опор и труб. Приспособления для крепления, подъема или пере-

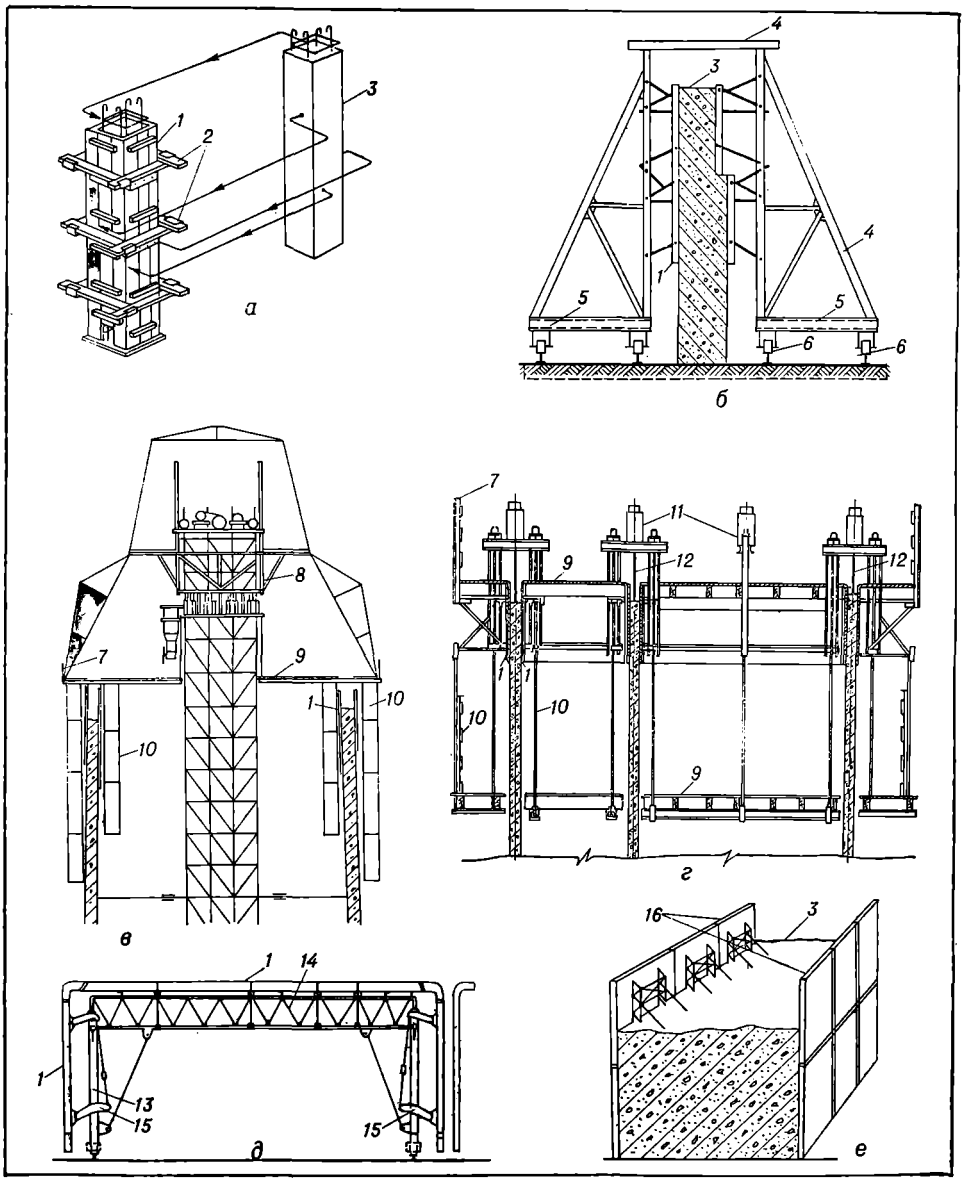


Рис. VII.2. Виды опалубки:

а — разборно-переставная; *б* — передвижная катучая; *в* — подъемная переставная; *г* — подъемная скользящая; *д* — переставная объемная; *е* — опалубка-облицовка; *1* — щиты опалубки; *2* — хомуты; *3* — забетонированная часть конструкции; *4* — поддерживающие конструкции; *5* — тележки; *6* — катки; *7* — ограждение; *8* — подъемник; *9* — рабочий настил; *10* — подвесные леса; *11* — домкраты; *12* — домкратные стержни; *13* — стойка рамы; *14* — рама; *15* — шарнирные тяги; *16* — плиты опалубки-облицовки.

мещения опалубки обычно делают из стали, в отдельных случаях — из дерева или алюминия. Рабочие настилы и подмости изготовляют из дерева, инвентарные подмости — из металла.

До начала строительства выполняют технологическое проектирование: назначают методы бетонирования конструкций, разрабатывают рабочие чертежи опалубки, под-

Таблица VII.1. **Боковое давление свежеуложенной бетонной смеси**

Способ уплотнения бетонной смеси	Расчетные формулы для определения максимальной величины бокового давления бетонной смеси, *дан/м²* (*кгс/м²*)	Пределы применения формул
Внутренними вибраторами	$P = \gamma H$ (1)	$H \leqslant R$; $v < 0{,}5$;
То же	$P = \gamma\,(0{,}27v + 0{,}78)\,K_1K_2$ (2)	$v \geqslant 0{,}5$ (при условии, что $H > 1$ *м*)
Наружными вибраторами	$P = \gamma H$ (3)	$H \leqslant 2R_1$; $v < 4{,}5$;
То же	$P = \gamma\,(0{,}27v + 0{,}78)\,K_1K_2$ (4)	$v \geqslant 4{,}5$ (при условии, что $H > 1$ *м*)

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: P — максимальное боковое давление бетонной смеси, *дан/м²* (*кгс/м²*); γ — объемная масса бетонной смеси, *кг/м³*; H — высота свежеуложенных слоев бетонной смеси, *м*; R — радиус действия внутреннего вибратора (ориентировочно $R = 0{,}75$ *м*); R_1 — радиус действия наружного вибратора (ориентировочно $R_1 = 1$ *м*); v — скорость наполнения опалубки бетонной смесью, *м/ч*; K_1 — коэффициент, учитывающий пластичность бетонной смеси, который равен для смесей с осадкой конуса 0 ÷ 2 *см* — 0,8; 4 ÷ 6 *см* — 1; 8 ÷ 12 *см* — 1,2; K_2 — коэффициент, учитывающий влияние температуры наружного воздуха, равен при 5 ÷ 7° С — 1,15; 12 ÷ 17° С — 1; 28 ÷ 32° С — 0,85.

держивающих лесов, подмостей, а также устройств для их перемещения, составляют указания по эксплуатации и разборке опалубки.

При проектировании железобетонных силосов, промышленных труб, башен и других специальных сооружений, технологический процесс возведения которых предусматривает применение инвентарной скользящей или подъемно-переставной опалубки (см. гл. 7 этого раздела), надо учитывать особенности технологии производства таких работ и не принимать архитектурно-строительных решений, затрудняющих пользование опалубкой указанных типов.

Опалубку, леса и крепления рассчитывают на вертикальные и горизонтальные нагрузки. Принимают следующие значения вертикальных, нормативных нагрузок: собственный вес опалубки и лесов определяется по рабочим чертежам; объемная масса свежеуложенной бетонной смеси — 2500 *кг/м³*; вес арматуры—в среднем 100 *дан* на 1 *м³* (*кгс* на 1 *м³*) железобетонной конструкции; нагрузки от людей и транспортных средств при расчете палубы и настилов — 250 *дан/м²* (*кгс/м²*), кружал — 150 *дан/м²* (*кгс/м²*) и стоек-лесов, поддерживающих кружала,— 100 *дан/м²* (*кгс/м²*); нагрузки от вибрирования бетонной смеси — 100 *дан* (*кгс*) на 1 *м²* горизонтальной поверхности.

Для определения бокового давления от свежеуложенной бетонной смеси при расчете опалубочных конструкций вертикальных поверхностей рекомендуется пользоваться формулами, предложенными ЦНИИОМТП Госстроя СССР (табл. VII.1). Кроме того, учитывают ветровые нагрузки.

При расчете подбирают наиболее невыгодное сочетание нагрузок. Все требуемые нормативные данные по нагрузкам, коэффициентам перегрузок, сопротивлению применяемых материалов при изгибе, растяжении, сжатии и смятии приведены в СНиП III-В.1-70.

Элементы стальной опалубки и приспособлений к ней изготовляют на заводах металлических конструкций или в механических мастерских строительных организаций. Дощатую и фанерную опалубку, элементы лесов и креплений делают в опалубочных цехах деревообрабатывающих комбинатов или

в опалубочных мастерских. На строящийся объект маркированные комплекты опалубки и вспомогательных устройств доставляют автомашинами или железнодорожным транспортом. Монтаж опалубки начинают с организации рабочей зоны, представляющей собой пространство у возводимой конструкции, в пределах которого располагают подмости, элементы опалубки, инвентарь и машины. На разных уровнях зоны для звеньев опалубщиков организуют рабочие места, обеспечивающие нужное положение рабочих и безопасное ведение работ.

Легкую опалубку устанавливают специализированные звенья плотников-опалубщиков. Крупнопанельную и блочную опалубку и железобетонные плиты-оболочки монтируют звенья опалубщиков-монтажников, использующих краны, лебедки и др.

§ 2. РАЗБОРНО-ПЕРЕСТАВНАЯ ОПАЛУБКА

Такую опалубку применяют при возведении массивов, фундаментов, колонн, балок и прогонов, рам, плит, стен, бункеров, арок и др. Технологический процесс устройства опалубки состоит в следующем. Щиты опалубки или собранные из них крупные опалубочные элементы устанавливают вручную или краном и закрепляют в проектном положении. После бетонирования и достижения бетоном прочности, допускающей распалубливание, опалубку и поддерживающие устройства снимают, соблюдая определенную последовательность. Очистив и при необходимости отремонтировав опалубку, ее переставляют на новую позицию.

Различают такие основные виды разборно-переставной опалубки: мелкощитовую, крупнощитовую и опалубку в виде блоков или блоков-форм.

Мелкощитовую опалубку (рис. VII.3) устанавливают вручную два плотника. Масса элемента этой опалубки — до 70 *кг*. Щиты опалубки изготовляют из обрезных или полуобрезных досок толщиной 19—25 и шириной до 150 *мм* на сшивных планках (рис. VII.3,*а*). Днища опалубки балок и прогонов выполняют из досок толщиной 35—40 *мм*. Обрезные доски рекомендуется сплачивать в шпунт или четверть, а торцы досок палубы защищать стальными уголками. Щиты опалубки изготовляют также из стального листа, водостойкой фанеры (рис. VII.3, *б* и *в*) или стеклопластика. Хомуты делают из полосовой стали или деревянных брусков (рис. VII.3, *г*, *д*).

Крупнощитовую опалубку устанавливают и разбирают краном. Масса элемента опалубки достигает 500 *кг*. Основным элементом опалубки является круп-

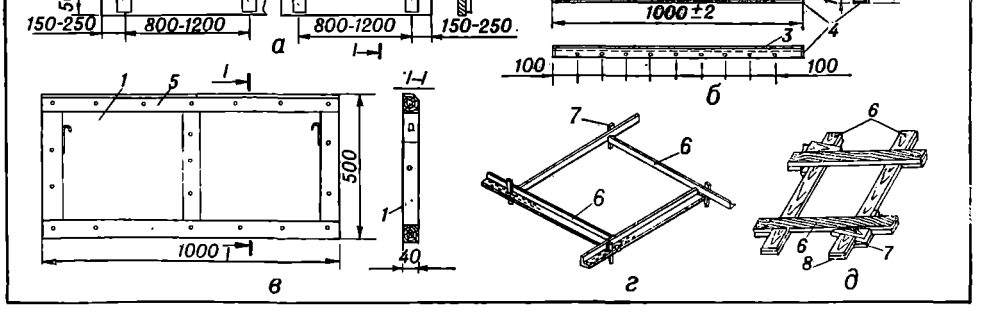


Рис. VII.3. Элементы разборно-переставной мелкощитовой опалубки:

а — дощатый щит на сшивных планках; *б* — щит из стального листа с каркасом из уголков; *в* — щит из водостойкой фанеры; *г*, *д* — стальной и деревянный хомуты; *1* — палуба щита; *2* — сшивная планка; *3* — стальной лист толщиной 2 *мм*; *4* — каркас из уголков; *5* — каркас из деревянных брусков; *6* — ветви хомута; *7* — клинья; *8* — планка под клин.

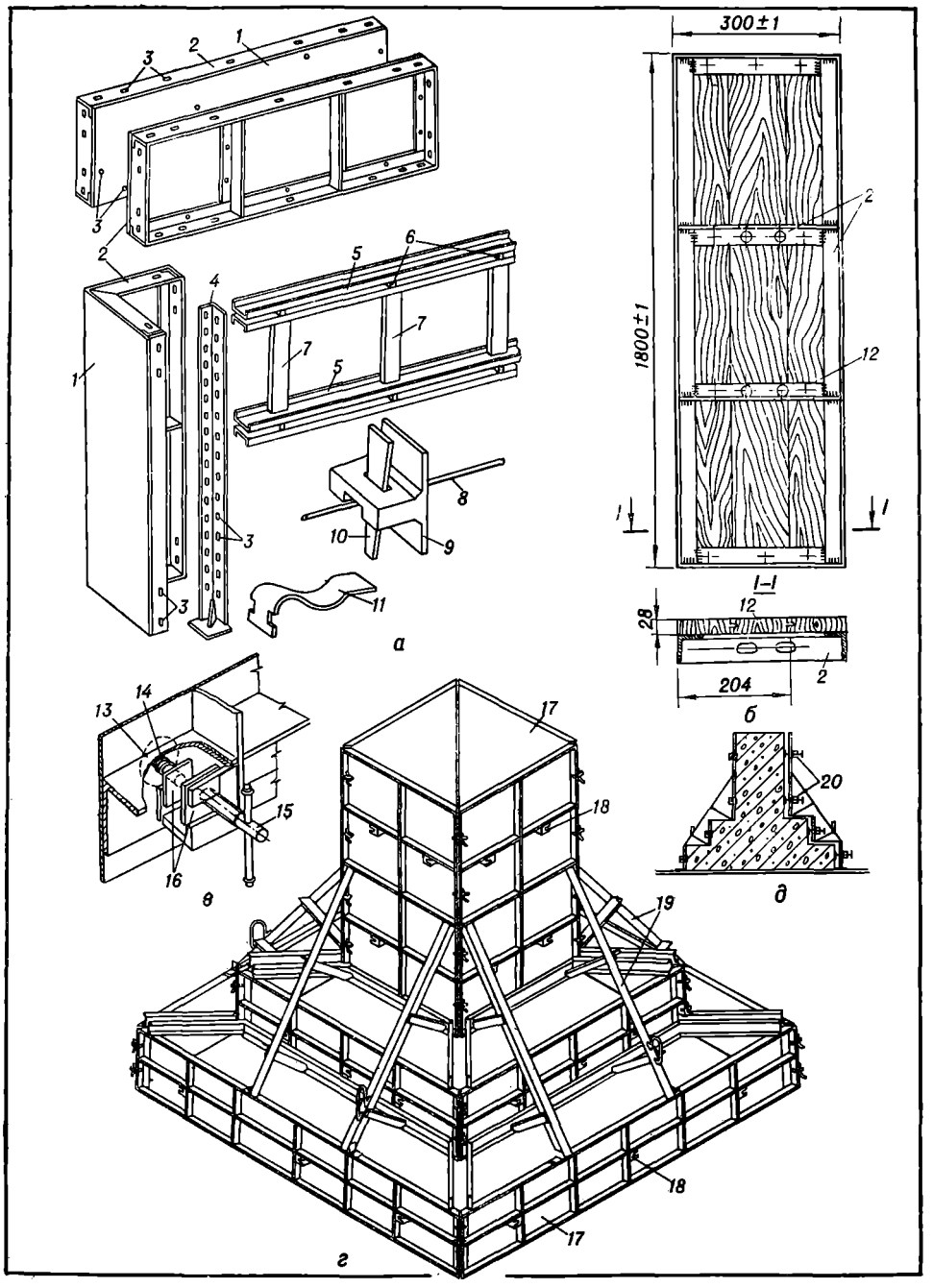


Рис. VII.4. Опалубка типа «Монолит» и блок-форма:

а — комплект стальной опалубки типа «Монолит»; *б* — деревометаллический щит опалубки УКО; *в* — деталь отжимного устройства; *г* — общий вид блок-формы; *д* — схема размещения отжимных устройств; *1* — стальной лист $\delta = 2$ *мм*; *2* — каркас из уголков; *3* — отверстия для крепей; *4* — соединительный уголок; *5* — схватки из швеллеров; *6* — прокладки; *7* — стойки балки; *8* — тяга; *9* — упор; *10* — клин; *11* — клямер; *12* — палуба из шпунтованных досок; *13* — диск; *14* — пружина; *15* — винт; *16* — гайки; *17* — панели опалубки; *18* — гнезда для отжимных винтов; *19* — подкосы; *20* — отжимные устройства.

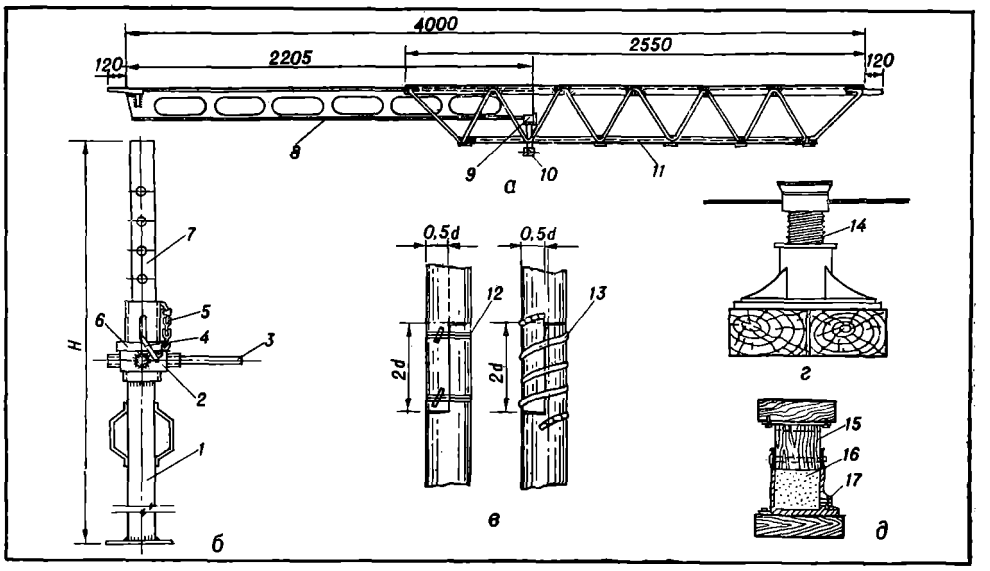


Рис. VII.5. Стойки и детали лесов, поддерживающих опалубку:

а — раздвижной ригель; *б* — стальная раздвижная стойка; *в* — стыки стоек из бревен; *г* — домкрат; *д* — песочница; *1* — базовая трубчатая стойка; *2* — гайка; *3* — рукоятка домкрата; *4* — чека; *5* — цепь; *6* — шайба; *7* — выдвижная стойка; *8* — выдвижная балка; *9* — опорная стойка; *10* — винт для закрепления стойки; *11* — ферма прогона; *12* — проволочная скрутка; *13* — пачечная сталь; *14* — винт домкрата; *15* — деревянный поршень; *16* — песок; *17* — отверстие с пробкой.

норазмерная панель — цельная или собранная из унифицированных щитов — металлических, деревянных или комбинированных (рис. VII.4, *а*, *б*).

Примером крупнощитовой опалубки может служить разработанная ЦНИИОМТП Госстроя СССР унифицированная комбинированная опалубка (УКО) и унифицированная стальная опалубка (УСО) типа «Монолит», рассчитанные на 50—100-кратную оборачиваемость.

Щит опалубки УКО (рис. VII.4,*б*) состоит из 28-миллиметровых строганых досок, собранных в шпунт. Его крепят к каркасу из уголков (63 × 40 × 4), имеющему ребра жесткости. Торцы досок защищены уголками (28 × 28 × × 8). Щиты бывают высотой 300, 400, 500 и 600 *мм* и длиной 1200, 1800 и 2000 *мм*.

В опалубке УСО щит изготовляют из листовой стали толщиной 1,5—2 *мм*, обрамленной уголками. Комплект опалубки, кроме щитов, содержит крепежные детали, направляющие стойки и другие элементы (рис. VII.4,*а*).

Блок-формы представляют собой пространственные конструкции, воспроизводящие внутренними поверхностями форму бетонируемого сооружения: фундамента, подколонника и др. (рис. VII.4, *в*, *г*, *д*). Блоки, масса которых достигает 5 *т* и более, монтируют и демонтируют краном. Блок опалубки собирают из стальных щитов на разъемных или шарнирных крепежных деталях.

Леса, поддерживающие опалубку, бывают поэтажные, стоечные и подвесные.

Поэтажные леса состоят из инвентарных деревянных или стальных телескопических стоек (рис. VII.5,*б*), опирающихся на грунт или нижележащее перекрытие. Такие леса применяют при возведении многоярусных зданий для опирания опалубки ребристых и плоских перекрытий на высоте до 6 *м*. В комплекте лесов имеются раздвижные ригели (рис. VII.5, *а*), позволяющие перекрывать пролеты от 3 до 4 и от 4 до 6 *м*.

Стоечные леса возводят на месте до требуемой высоты. Их выполняют из

бревен толщиной 12—14 *см* (рис. VII.5, *в*).

Для плавного раскружаливания, т. е. опускания опор, поддерживающих опалубку сводов, арок и балок больших пролетов, применяют специальные приспособления: домкраты, песочницы и др. (рис. VII.5, *г*, *д*).

Подвесные леса применяют при бетонировании на значительной высоте балок и прогонов с жесткой арматурой, к которой и крепят леса.

При установке разборно-переставной опалубки на грунте площадку очищают от грязи, мусора, срезают бугры. Перекрытия перед установкой на них опалубки очищают от строительного мусора. Чтобы правильно установить опалубку, определяют и закрепляют основные и вспомогательные разбивочные оси, репера и другие знаки, обозначающие вертикальные отметки.

Опалубку ленточных фундаментов собирают из щитов на всю высоту фундамента или устанавливают сначала щиты нижней ступени, после бетонирования которой ставят опалубку верхней ступени (рис. VII.6, *а*).

Опалубку небольших ступенчатых фундаментов под колонны устраивают из деревянных щитов. Сначала устанавливают на ребро параллельно друг другу накрывные щиты, а между ними вставляют щиты закладные. Распорками закладные щиты прижимают к упорным планкам, имеющимся на накрывных щитах, затем устанавливают и натягивают проволочные стяжки. В таком положении короб закрепляют на месте. Опалубку стакана для сборной колонны крепят гвоздями на верхнем коробе, ориентируясь по осям, обозначенным на нем и на стакане.

Опалубку крупных ступенчатых фундаментов в виде стальной блок-формы устанавливают краном (рис. VII.6, *б* и *в*) на бетонную подготовку. Под сборные колонны на верхнем уступе монтируют гнездообразователь или опалубку подколонника.

Крупнопанельные деревянные щиты опалубки массивов устанавливают краном и закрепляют в нужном положении тяжами или подкосами. Высокие массивы предпочтительно возводить в двухъярусной опалубке (рис. VII.7, *а*, *б*),

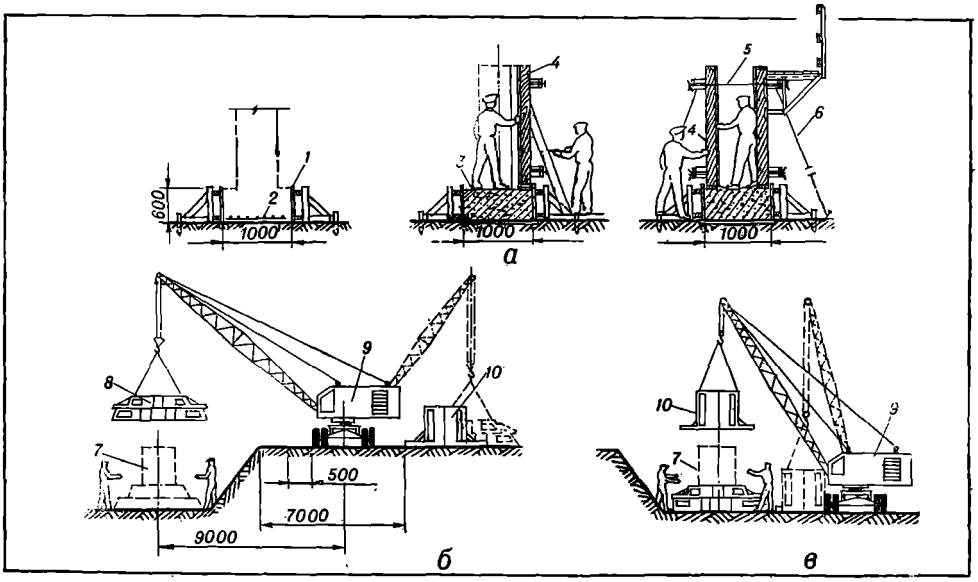


Рис. VII.6. Схемы монтажа опалубки фундаментов:

а — установка опалубки ленточного фундамента; *б* — монтаж блочной стальной опалубки ступенчатого фундамента; *в* — то же, подколонника; *1* — опалубка первой ступени; *2* — арматура; *3* — забетонированная первая ступень; *4* — опалубка второй ступени; *5* — стяжка; *6* — расчалка; *7* — блок арматуры фундамента; *8* — блок опалубки фундамента; *9* — пневмоколесный кран; *10* — блок опалубки подколонника.

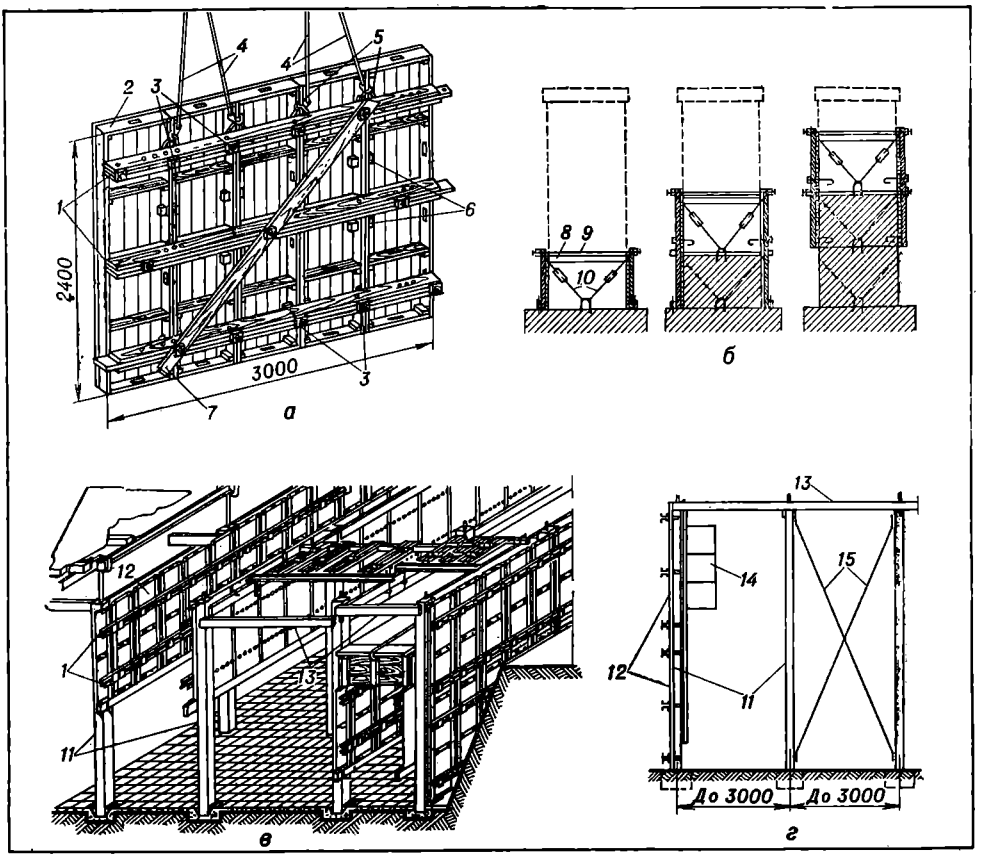


Рис. VII. 7. Опалубка массивов и фундаментов под оборудование:

а — крупноразмерная деревянная панель; *б* — схема перестановки панелей; *в* — схема установки стальной опалубки фундамента под технологическое оборудование; *г* — расстановка железобетонных стоек каркаса опалубки; *1* — схватки; *2* — щит опалубки; *3* — стяжные болты; *4* — стропы; *5* — монтажные петли; *6* — деревянные клинья; *7* — диагональная связь; *8* — распорка; *9* — тяж; *10* — растяжки; *11* — железобетонные стойки; *12* — блоки опалубки; *13* — железобетонные балки; *14* — подвесная лестница; *15* — вертикальные связи.

исключающей перерывы для выдерживания бетона в одноярусных щитах.

Опалубка фундаментов под оборудование имеет сложные очертания и переменную высоту в связи с наличием в фундаментах тоннелей и кондукторных устройств для анкерных болтов. Установку опалубки чередуют с арматурными и монтажными работами. Для крепления щитов используют сборные железобетонные стойки и ригели, остающиеся в последующем в теле бетона. Работы ведут в такой последовательности: краном внутри фундамента монтируют сборные железобетонные башмаки, в которые устанавливают стойки, а на них ригели. На стойки (рис. VII.7, *в*, *г*), опирая на ригели, навешивают панели, собранные из металлических или деревянных щитов. Монтаж всей опалубки и установку кондукторов и других устройств выполняют, по возможности, сразу на весь фундамент, чтобы осуществить точную геодезическую проверку до бетонирования.

Опалубку колонн собирают из дощатых, фанерных или стальных универсальных щитов. При армировании несущими арматурными блоками краном устанавливают в проектное положение блок арматуры колонны, который сваривают с выпусками арматуры подколонника

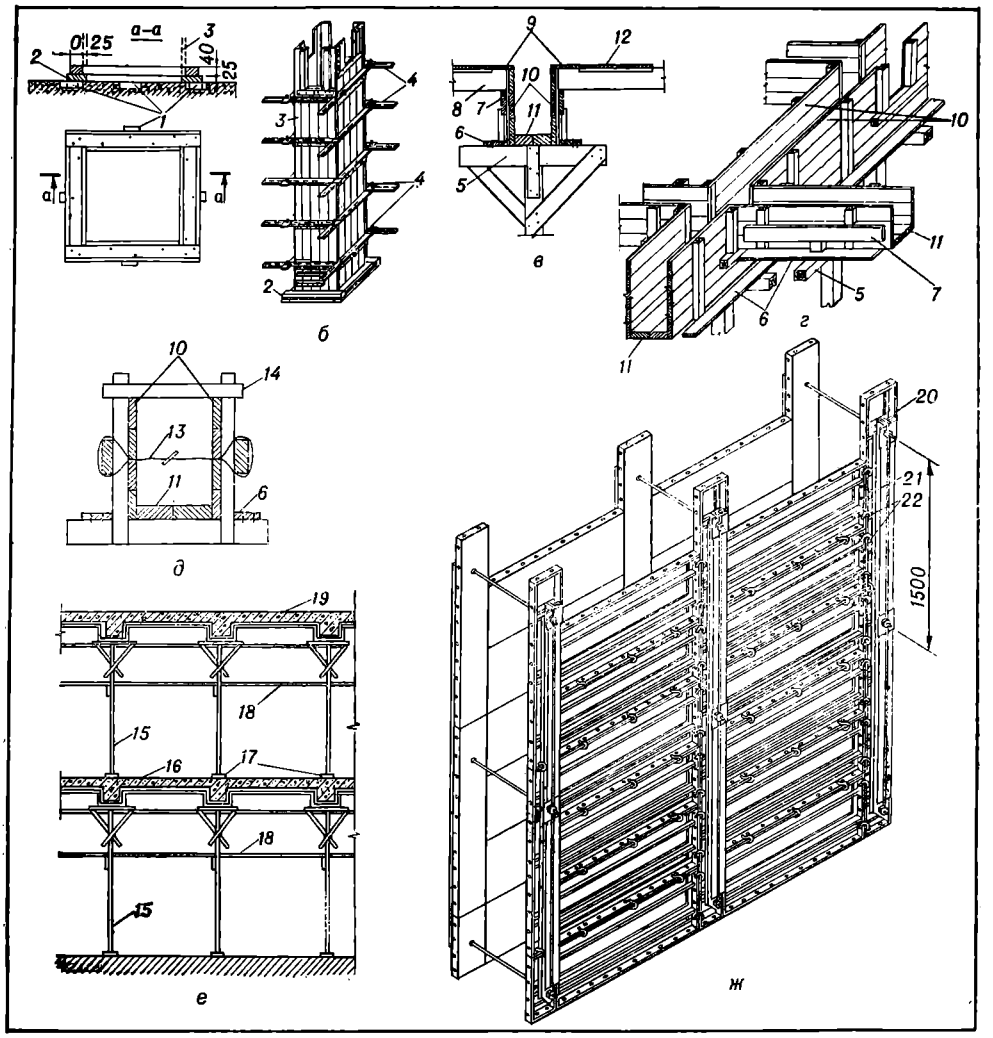


Рис. VII.8. Опалубка колонн, ребристых перекрытий, прогонов и стен:

а — рамка под опалубку колонны; *б* — короб опалубки колонны в собранном виде; *в* — опалубка балки и плиты ребристого перекрытия; *г* — то же, прогона и балок; *д* — сечение опалубки прогона при отсутствии плиты; *е* — установка поэтажных стоек; *ж* — опалубка стены из унифицированных стальных щитов с креплением пружинно-стержневыми скобами; *1* — пробки, заложенные в бетон; *2* — рамка; *3* — короб колонны; *4* — хомуты; *5* — оголовок стойки; *6* — прижимные доски; *7* — подкружальные доски, *8* — кружала; *9* — фризовые доски; *10* — боковые щиты; *11* — днище короба; *12* — щиты опалубки плиты; *13* — стяжка; *14* — схватка; *15* — стойки; *16* — забетонированное перекрытие; *17* — лаги под стойки; *18* — расшивины; *19* — бетонируемое перекрытие; *20* — стойка; *21* — стальной щит; *22* — пружинно-стержневая скоба.

(фундамента) или соединительными деталями арматуры колонны нижележащего этажа. Затем на блок арматуры навешивают щиты опалубки или собранные из них панели на всю высоту колонны и крепят их между собой пружинно-стержневыми скобами или другим способом. Если колонну армируют отдельными стержнями, собирая из них арматурный каркас, то сначала короб опалубки, сшитый из трех щитов, устанавливают кантованием вручную, затем уже собирают арматурный каркас колонны. Работы начинают с установ-

ки рамок, определяющих точное (по осям) положение короба опалубки. Рамки пришивают к пробкам, уложенным в свежий бетон плиты перекрытия. Оси рамок должны совпасть с осями, нанесенными краской на бетоне, а поверхность четверти, в которую затем будет установлен короб опалубки,— с рисками, обозначенными на выпусках арматуры (рис. VII.8, *а*, *б*). Короб пришивают к рамке гвоздями и закрепляют наклонными расшивинами. Закрывающий (четвертый) щит короба устанавливают, когда уже связан арматурный каркас колонны и установлена опалубка балок. Хомуты располагают по разметке, нанесенной на щиты. Вертикальность установки опалубки выверяют рамочным отвесом.

Опалубка ребристого перекрытия состоит из опалубки плит, балок и прогонов, а также поддерживающих их раздвижных телескопических стоек (см. рис. VII.7, *б*).

На оголовки стоек устанавливают днище короба (рис. VII.8, *в*, *г*), а затем боковые щиты балок, которые прижимными планками прикрепляют к оголовкам стоек, а вверху — к опалубке плит. Последняя состоит из щитов настила, укладываемых на кружала из досок на ребро. Кружала опалубки плит опираются на подкружальные доски, прибитые к сшивным планкам боковых щитов балок. Расстояние между кружалами определяется по расчету и обычно составляет 500—1000 *мм*.

Стойки под прогоны устанавливают на лаги (рис. VII.8, *е*), что способствует распределению и передаче давления на стойки лежащего ниже этажа. При высоте стоек более 3 *м* их устойчивость обеспечивают горизонтальными схватками и раскосами.

Опалубку балок, прогонов и ригелей делают из деревянных (рис. VII.8, *д*) или стальных щитов. Целесообразно устраивать коробы комбинированной конструкции, в которых днища дощатые, а боковые щиты стальные, поскольку оборачиваемость боковых щитов больше, чем щитов днища.

Опалубку арок, имеющих большую высоту, устанавливают поэтапно: выставляют леса и устраивают рабочий настил, укладывают по отметкам днище короба и к нему крепят с одной стороны боковые щиты, а после монтажа арматуры устанавливают боковые щиты опалубки с другой стороны.

Опалубка стен и перегородок представляет собой комплекты дощатых или стальных (рис. VII.8, *ж*) щитов, направляющих стоек, прогонов и стяжных болтов. Сначала устанавливают щиты опалубки одной стороны стены, например со стороны откоса котлована. Смонтировав арматуру, устанавливают вторую стенку опалубки, закрепляют стяжные болты и затем в процессе бетонирования рядом со стяжными болтами располагают деревянные распорки, определяющие проектную толщину стены. Стены толщиной более 250 *мм* опалубливают на высоту до 6 *м*. Если толщина стены меньше, щиты второй стороны опалубки устанавливают поярусно на высоту не более 1,5 *м*.

В сухую жаркую погоду установленную дощатую опалубку следует систематически поливать водой, чтобы предохранить ее от коробления при высушивании и появления щелей в щитах и сопряжениях.

§ 3. ПЕРЕДВИЖНАЯ КАТУЧАЯ ОПАЛУБКА

Опалубку в виде инвентарных деревянных блоков или металлических секций, перекатываемых по рельсам, применяют для возведения линейных сооружений: проходных тоннелей, коллекторов, пульпопроводов, отстойников, тоннелей большого сечения и т. п. Бетонируют такие сооружения раздельно: сначала днище, на котором монтируют пути для передвижки опалубки, затем в катучей опалубке — стены и покрытия. Для небольших тоннелей или коллекторов применяют деревянную блочную опалубку в виде системы связанных между собой кружал, обшитых палубой из 3-сантиметровых досок.

Инвентарную деревометаллическую катучую опалубку (рис. VII.9, *а*) применяют для возведения открытым способом тоннелей с поперечным сечением от 1800 × 1800 до 2200 × 2500 *мм*.

Секция внутренней опалубки длиной 3200 *мм* включает

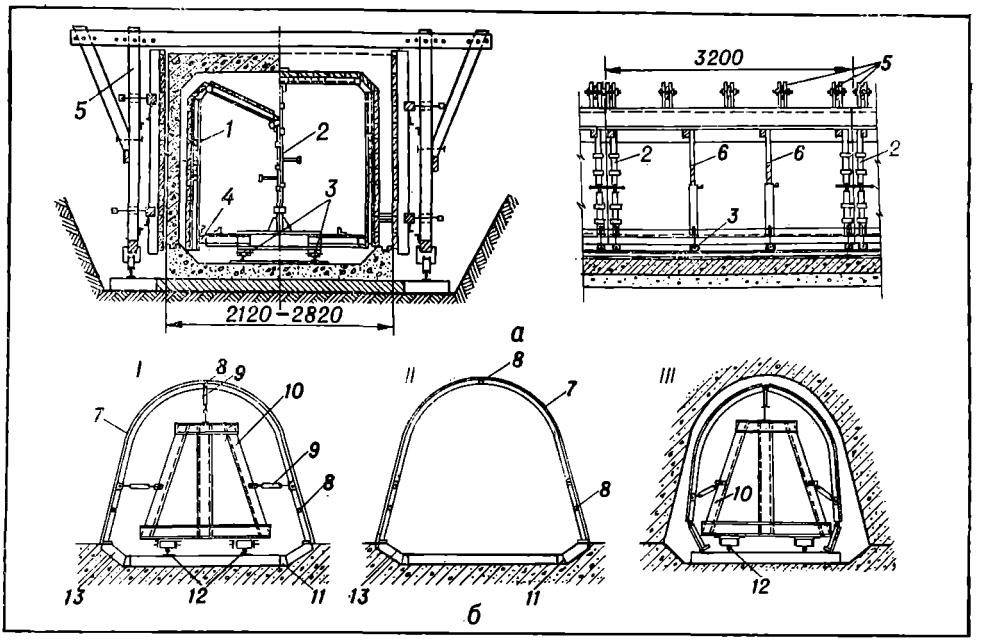


Рис. VII.9. Катучая опалубка:

а — для малых тоннелей прямоугольного сечения; *б* — для тоннелей большого сечения; *1* — боковая стойка; *2* — средние стойки (с домкратом); *3* — ролик; *4* — нижний раздвижной ригель; *5* — рамы наружной опалубки; *6* — средние телескопические стойки; *7* — оболочка; *8* — шарнир; *9* — домкрат; *10* — тележка; *11* — клин; *12* — рельсы; *13* — распорка.

четыре стальные рамы, по которым устраивают обшивку из досок, водостойкой фанеры или стального листа. Средние стойки рам оборудованы домкратами, а ригели шарнирно соединены со стойками. Нижние ригели — раздвижные, они опираются на ролики, передвигаемые по переносным рельсам.

Секция наружной опалубки состоит из П-образных деревянных рам с закрепленными на них щитами опалубки. При распалубливании с помощью домкратов, имеющихся на стойках рам, отодвигают щиты опалубки от стен на 3—4 *см*.

Для снятия внутренней опалубки стойки стальных рам укорачивают, завинчивая домкраты, и всю шарнирно связанную конструкцию опалубки отрывают от бетона. После этого вдвигают балки нижнего ригеля, чтобы образовать зазор между низом щитов и готовыми стенами. Секции опалубки передвигают лебедкой. В транспортном положении опалубка показана на левой стороне рис. VII.9, *а*.

Для крупных тоннелей катучую опалубку выполняют в виде **складных металлических секций.** Стальная оболочка опалубки, имеющая шарниры, крепится домкратами к тележке, передвигающейся по рельсам. В проектное положение оболочку устанавливают домкратами и закрепляют на месте распорками и клиньями (рис. VII.9, *б*, *I*). Затем домкраты снимают и переводят тележку (рис. VII. 9, *б*, *II*) на другую захватку.

Когда нужно распалубить забетонированную секцию, тележку подводят под оболочку. Завинчивая домкраты, на тележку опускают оболочку, поворачивающуюся на шарнирах (рис. VII.9, *б*, *III*), после чего секцию передвигают вперед под установленной опалубкой следующих секций, что дает возможность вести работы на нескольких захватках.

§ 4. ОПАЛУБКА-ОБЛИЦОВКА И ДРУГИЕ ВИДЫ ОПАЛУБКИ

Армоцементную опалубку из плит толщиной 25—35 *мм* и размером в плане до 1500 × 3000 *мм* применяют при возведении фундаментов под оборудование, устройстве внутренних каналов в фундаментах и в других местах, где демонтаж опалубки затруднен. Армоцементную опалубку изготовляют в виде плоских и профильных плит из цементно-песчаного раствора состава 1 : 2 или из мелкозернистого бетона на цементах марок 400—500. Для армирования применяют армопакеты из проволочных сварных сеток и тканой металлической сетки № 8 или 10 (рис. VII. 10,*а*). На тыльной стороне армопакета делают выпуски из проволоки ∅ 3—5 *мм*. Армоцементные плиты крепят накладными инвентарными схватками (например, из комплекта «Монолит») и тяжами.

Железобетонные плиты опалубки-облицовки используют как наружную опалубку опускных колодцев, подпорных стен, тоннелей и т. п. Плиты могут быть плоскими размером до 1000 × 3000 × × 60 *мм* (рис. VII. 10, *б*) и ребристыми (рис. VII. 10, *в*) шириной 500—1000 и длиной до 6000 *мм*. Для анкеровки плоские плиты имеют выступающие с тыльной стороны зигзагообразные арматурные фермочки, которые связывают с рабочей арматурой массива (рис. VII. 10, *б*, *д*). Ребристые плиты крепят при поярусной установке к каркасу из железобетонных стоек (правая сторона рис. VII.10, *в*).

Применяя при изготовлении плит-оболочек высококачественную бетонную смесь, можно гарантировать для наружной части конструкции повышенную прочность, морозостойкость и водонепроницаемость.

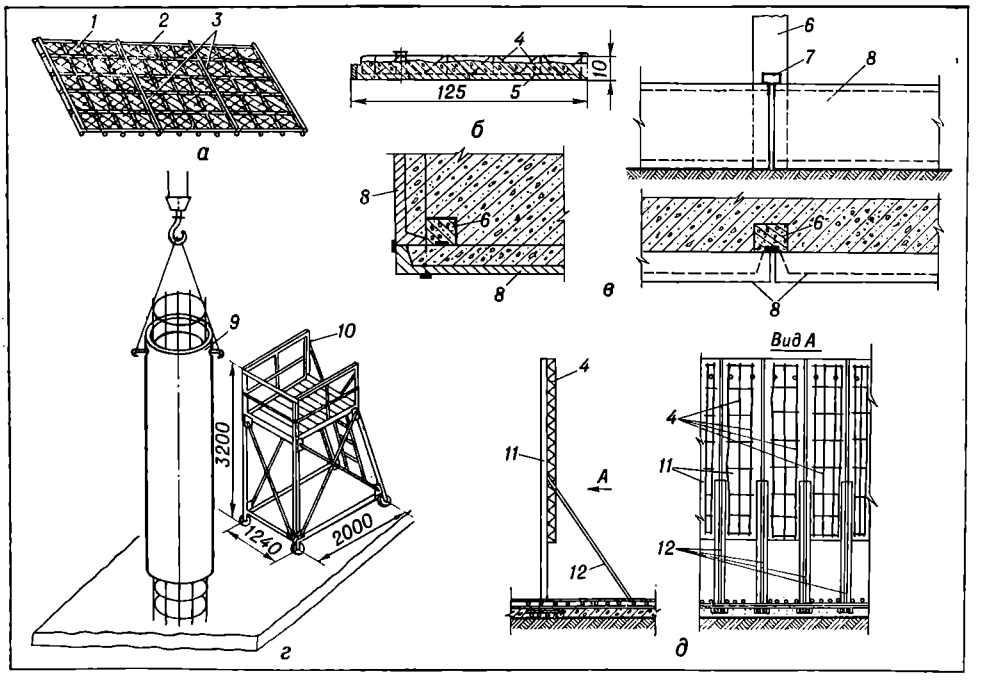


Рис. VII.10. Схема конструкции и установки элементов опалубки-облицовки:
а — армопакет; *б* — плоская плита облицовки; *в* — крепление ребристых плит облицовки; *г* — опалубка колонны из асбестоцементной трубы; *д* — установка плит опалубки-облицовки массива; *1* — тканая сетка; *2* — сварная сетка; *3* — прижимные прутки; *4* — арматурная фермочка; *5* — железобетонная плита; *6* — железобетонная стойка каркаса; *7* — закладная деталь; *8* — ребристая плита; *9* — асбестоцементная труба; *10* — катучий монтажный столик; *11* — опалубка-облицовка; *12* — крепежный подкос.

В последнее время в качестве несъемной опалубки применяют также **стеклоцементную опалубку.**

Металлическую опалубку-облицовку с защитным антикоррозионным покрытием выполняют из стальных листов, сваренных в объемно-пространственную конструкцию, соответствующую наружной форме возводимого сооружения. Назначение такой опалубки — надежно предохранить подземную часть сооружения от проникания грунтовых вод. Ее используют также как экран при возведении конструкций из особо тяжелого бетона, ограждающих реакторы и другие специальные сооружения.

В строительстве гражданских зданий для колонн применяют **опалубку из асбестоцементных труб,** устанавливаемых краном на смонтированный арматурный каркас (рис. VII. 10,*г*), а также **опалубку из гидрофобного картона,** прикрепляемого по образующей к деревянному каркасу.

При сооружении тонкостенных пространственных оболочек, цилиндрических сводов и для образования пустот все чаще находит применение **мягкая пневматическая опалубка** (пневмоопалубка), изготовляемая из прорезиненных капроновых тканей. Опалубку надувают воздухом и поддерживают в ней в процессе возведения конструкции соответствующее избыточное давление.

Глава 3

ЗАГОТОВКА И МОНТАЖ АРМАТУРЫ

§ 1. ВИДЫ АРМАТУРЫ И СОСТАВ ПРОЦЕССА

Арматурой называют стальные круглые стержни, прокатные профили и проволоку, а также изделия из них, расположенные в бетоне для восприятия изгибаемыми частями железобетонной конструкции растягивающих и знакопеременных усилий, а в центрально нагруженных колоннах и стойках — сжимающих усилий.

По назначению (рис. VII.11, *а, б, в*) различают р а б о ч у ю а р м а т у р у, устанавливаемую по расчету на усилия, возникающие в железобетоне от воздействия нагрузок; р а с п р е д е л и т е л ь н у ю, служащую для равномерного распределения нагрузок между рабочими элементами и обеспечения их совместной работы; м о н т а ж н у ю — для сборки отдельных стержней и других элементов в арматурный каркас и х о м у т ы — для восприятия усилий, появляющихся в балках у опор, и образования каркасов из стержней.

В обычных железобетонных конструкциях все элементы арматуры — ***ненапрягаемые.***

В предварительно напряженных монолитных конструкциях рабочая арматура, устанавливаемая в одном или нескольких направлениях, подвергается предварительному натяжению. Такая арматура называется ***напрягаемой.***

Технология арматурных работ состоит из процессов изготовления ненапрягаемой арматуры; заготовки напрягаемых арматурных элементов, их комплектации и маркировки; транспортирования комплектов арматуры и арматурных изделий к объекту и монтажно-укладочных процессов, которые по содержанию для ненапрягаемой и напрягаемой арматуры различны.

Ненапрягаемую арматуру в обычных и напряженно-армированных конструкциях устанавливают до укладки бетонной смеси (легкую — вручную, тяжелую — в виде каркасов и блоков — монтируют кранами). Напрягаемую арматуру после бетонирования монолитной конструкции и приобретения бетоном требуемой прочности заводят в оставленные в бетоне каналы, затем производят натяжение, закрепляют концы арматурных элементов и заделывают каналы.

Удельный вес арматурных работ при сооружении железобетонных конструкций составляет по себестоимости до 24 и по трудоемкости — около 14%. Сокращение расхода стали, снижение трудоемкости и стоимости арматурных про-

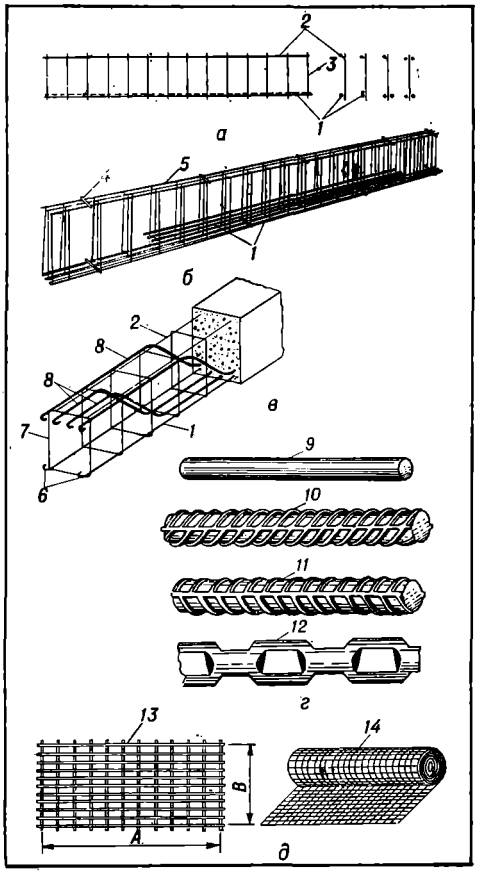


Рис. VII.11. Виды арматуры:

а — плоский сварной каркас; *б* — пространственный сварной каркас, собранный из трех плоских; *в* — вязаный каркас; *г* — арматурные стержни; *д* — арматурные полуфабрикаты; *1* — стержни нижние рабочие; *2* — верхние монтажные; *3* — поперечные рабочие и монтажные; *4* — соединительные; *5* — верхние рабочие и монтажные; *6* — концевые крюки; *7* — хомуты; *8* — отогнутые рабочие стержни; *9* — круглая горячекатаная сталь Ст. 3; *10* — горячекатаная периодического профиля Ст. 5; *11* — то же, марки Ст. 35ГС; *12* — холоднодеформированная сталь; *13* — сварная сетка; *14* — рулонная сетка.

цессов обеспечиваются организацией и технологией этих работ. Перспективна, в частности, схема, предусматривающая поставку заводами металлических изделий арматурных полуфабрикатов в виде плоских и рулонных сварных сеток, арматурных прядей, канатов, стержней и крепежных устройств с последующей переработкой их в готовые изделия на районных механизированных арматурно-сварочных заводах.

§ 2. АРМАТУРНАЯ СТАЛЬ И ПОЛУФАБРИКАТЫ

Арматурную сталь подразделяют на горячекатаную стержневую и холоднотянутую проволочную. Для жесткой арматуры применяют фасонный прокат. Стержни и проволока могут иметь круглый гладкий или круглый периодический профиль. Последний улучшает сцепление арматуры с бетоном (рис. VII.11, *г*, *11*, *12*).

Механические характеристики — предел текучести и предел прочности — определяют подразделение горячекатаной стержневой стали на несколько классов.

Стержни стали класса А-I имеют гладкий, а классов А-II, А-III, А-IV и выше — периодический профиль. Для отличия стержней разных марок по внешнему виду Ст. 5 класса А-II имеет выступы по трехзаходной винтовой линии с двумя продольными ребрами (рис. VII.11, *г*), а сталь марок 25Г2С и 35ГС класса А-III и 20ХГ2Ц класса А-IV — выступы в виде «елочки». Концы стержней этой стали окрашивают красной краской. Букву «т» (например, Ат-II, Ат-III) ставят для обозначения класса термически упрочненной стали, а букву «в» — для стали, упрочненной вытяжкой (А-IIIв, А-IVв). Концы стержней термически упрочненной стали окрашивают так: класса Ат-IV — красной, Ат-V — синей, Ат-VI — зеленой и Ат-VII — желтой красками.

Арматурная проволока бывает двух классов: В-I (холоднотянутая низкоуглеродистая для ненапрягаемой арматуры) и В-II (высокопрочная арматурная проволока, предназначенная для напрягаемой арматуры). Если проволока имеет периодический профиль, к обозначению добавляют букву «р» (например, Вр-II).

Для горячекатаной и термически упрочненной стали периодического профиля номинальный диаметр равен диаметру равновеликих по площади поперечного сечения гладких стержней; для стали, упрочненной вытяжкой, равен номинальному диаметру до вытяжки; для проволоки периодического профиля — номинальному диаметру до

придания проволоке периодического профиля.

Заводы металлоизделий поставляют арматурные полуфабрикаты в виде рулонных и плоских сварных сеток (рис. VII.11,*д*). Рабочую арматуру в *рулонных сетках* располагают в обоих или только в продольном либо поперечном направлениях. Ширина сеток — от 1400 до 2650, диаметр проволоки 3—5,5 *мм*. *Плоские сетки* изготовляют из стержней рабочей арматуры периодического профиля диаметром 8, 9 и 10 *мм*, расположенных в продольном или в двух направлениях. Ширина сеток 1500—2650 *мм*, длина до 9 *м*. Для армоцементных конструкций изготовляются *тканые сетки* из проволоки диаметром 0,7—1,6 *мм*.

Рабочую ненапрягаемую арматуру изготовляют преимущественно из стержней периодического профиля классов А-II и А-III. Поскольку низколегированная сталь А-III имеет более высокие механические характеристики, в ближайшем будущем намечено отказаться от применения стали А-II. Проволока диаметром 3—8 *мм* идет на изготовление хомутов, сварных легких каркасов и сеток.

Арматурную сталь упрочняют волочением и вытяжкой, вызывающими пластические деформации и структурные изменения, называемые ***наклепом*** или ***нагартовкой***. В результате пределы текучести и прочности стали повышаются, а показатели относительного удлинения (пластичности) снижаются.

Арматурную стержневую сталь поставляют в пучках массой до 5 *т*, проволоку диаметром до 10 *мм* — в мотках (бухтах) по 80—100 *кг*. Сталь принимают по заводским сертификатам, а поступившую без сертификатов подвергают контрольным испытаниям согласно СНиП. Для этого из каждой партии отбирают пять стержней и по два образца от пяти мотков проволоки. Кроме того, арматуру испытывают на свариваемость, изготовляя образцы таких сварных соединений, которые будут применены в деле.

Хранят арматуру на складах раздельно по моткам, профилям, диаметрам стержней и партиям стали.

§ 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ

Для обеспечения арматурой крупных строек, а также в пионерных условиях работы бывает экономически целесообразно создавать арматурно-сварочные мастерские, оборудованные станками для переработки и сварки проволочной и стержневой стали, арматурных полуфабрикатов, а также сборки на монтажно-комплектовочных полигонах арматурных изделий.

Проволочную сталь перерабатывают на автоматических правильно-отрезных станках, производящих все операции — разматывание бухт проволоки, чистку, правку ее и одновременно резку на стержни мерной длины. В станках (рис. VII. 12, *а*) конец проволоки диаметром от 3 до 14 *мм* с бухты, помещенной на вертушке, пропускают через барабан и заправляют в тянущие ролики. Барабан имеет несколько эксцентрично укрепленных плашек, положение которых можно регулировать (рис. VII.12, *б*). При вращении барабана проволока, которую тянут ролики, проходя между плашками, изгибается в различных направлениях, очищается от окалины и выпрямляется. Мерные прутки режутся ножами, срабатывающими в момент упора проволоки в электровключатель, находящийся на приемном устройстве станка.

Стержневую арматуру правят на станках или вручную, заводя ее между штырями правильной плиты. Одновременно с правкой стержни очищают приводными щетками, насаженными на вал переносного электроинструмента.

Выправленные стержни поступают на линию непрерывной безотходной сварки и резки или непосредственно на станок для резки. При непрерывной сварке и резке (рис. VII.12,*в*) стержни подаются на приемный стеллаж, откуда по роликовому стенду передвигаются к губкам машины контактно-стыковой сварки. Далее, двигаясь непрерывной плетью, стержни перемещаются на роликовые столы до упора, а затем подкатываются под пресс-ножницы, в станине которых имеется вырез, где расположен регулируемый упор с неподвижным ножом. В кулисном механизме

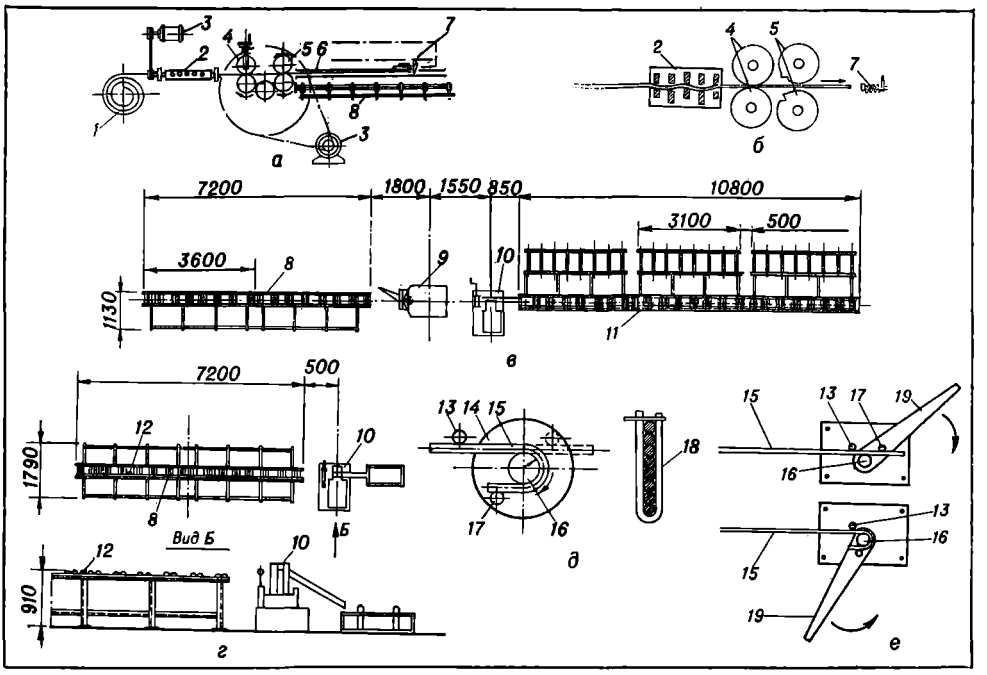


Рис. VII.12. Изготовление арматуры:

а — схема правильно-отрезного станка; *б* — схема механизма правки и резки; *в* — схема рабочего места у станков для резки и контактно-стыковой сварки арматуры; *г* — то же, для резки; *д* — схема гнутья стержней на механическом станке; *е* — то же, на ручном станке; *1* — бухта проволоки; *2* — правильный барабан с плашками; *3* — электродвигатель; *4* — тянущие ролики; *5* — режущие ролики; *6* — приемный лоток; *7* — упор с электровыключателем; *8* — боковые рольганги; *9* — станок для контактно-стыковой сварки; *10* — станок для резки стержней; *11* — нарезанные прутки арматуры; *12* — отмеривающее устройство; *13* — упорный палец; *14* — рабочий диск; *15* — арматурный стержень; *16* — центральный ролик; *17* — гибочный ролик; *18* — держатель для стержней; *19* — рычаг.

станка закреплен выдвижной нож, совершающий в процессе работы возвратно-поступательные движения. В момент его отхода в промежуток между ножами закладывают стержень, разрезаемый при возвратном ходе.

Станки рассчитаны на резку стержней из стали марки Ст. 5 диаметром до 70 *мм* или стержней меньшего диаметра из сталей более высоких марок.

Если пресс-ножницы установлены отдельно от линии непрерывной сварки (рис. VII.12,*г*), стержни диаметром 3—25 *мм* режут по несколько штук одновременно — пакетом.

Заготовки со стеллажей передают на склад или к станку для гнутья арматуры.

На гибочном станке гнут крюки (анкеры) на гладких стержнях, отгибы арматурных стержней гладкого и периодического профиля, хомуты и спирали. Рабочим органом гибочного станка служит диск (рис. VII.12,*д*), вращающийся в горизонтальной плоскости. По оси диска расположен центральный ролик. Гибочные ролики устанавливают в имеющиеся на диске отверстия. В станине станка крепят опорные ролики. Стержень укладывают между опорными роликами. Вращаясь с диском, гибочный ролик изгибает стержень. Упорами при этом служат центральный и опорный ролики.

При гнутье полухомутиков вместо центрального и гибочного роликов устанавливают вилку, позволяющую отгибать стержни на 180°.

Вилки-держатели устанавливают вместо ролика при гнутье стержней небольшого диаметра, чтобы одновременно гнуть несколько стержней (рис. VII.12,*д*).

Для гнутья применяют ручные станки (рис. VII.12,*е*).

§ 4. СВАРКА АРМАТУРЫ

Сварные каркасы жестче и транспортабельнее вязаных. Вязка каркаса проволокой применяется только в особых случаях. Сварка арматуры обеспечивает экономию металла, повышает качество арматуры, снижает стоимость и трудоемкость ее изготовления.

Сварку на контактных стыковых машинах (рис. VII.13,*а*, *б*) ведут непрерывным оплавлением или оплавлением с подогревом.

Способ сварки непрерывным оплавлением не требует обработки торцов стержней. Торцы стержней, зажатые в губках машины, одновременно с включением тока приводятся в соприкосновение. Ток проходит по отдельным выступам на торцах, что создает большое сопротивление: выступы расплавляются и при этом выравнивается поверхность торцов, которые при оплавлении разогреваются до пластичного состояния и затем подвергаются сжатию и осадке.

При сварке способом оплавления с подогревом, применяемом для стыкования стержней диаметром 50 *мм* и более из высокоуглеродистой и низколегированной сталей, концы стержней в процессе сварки периодически сближают и разнимают. Во время этих кратковременных пауз концы стержней прогреваются, что способствует лучшему оплавлению и уменьшению расхода электроэнергии.

Контактную точечную сварку (рис. VII.13,*в*) применяют для образования крестообразных пересечений при сборке

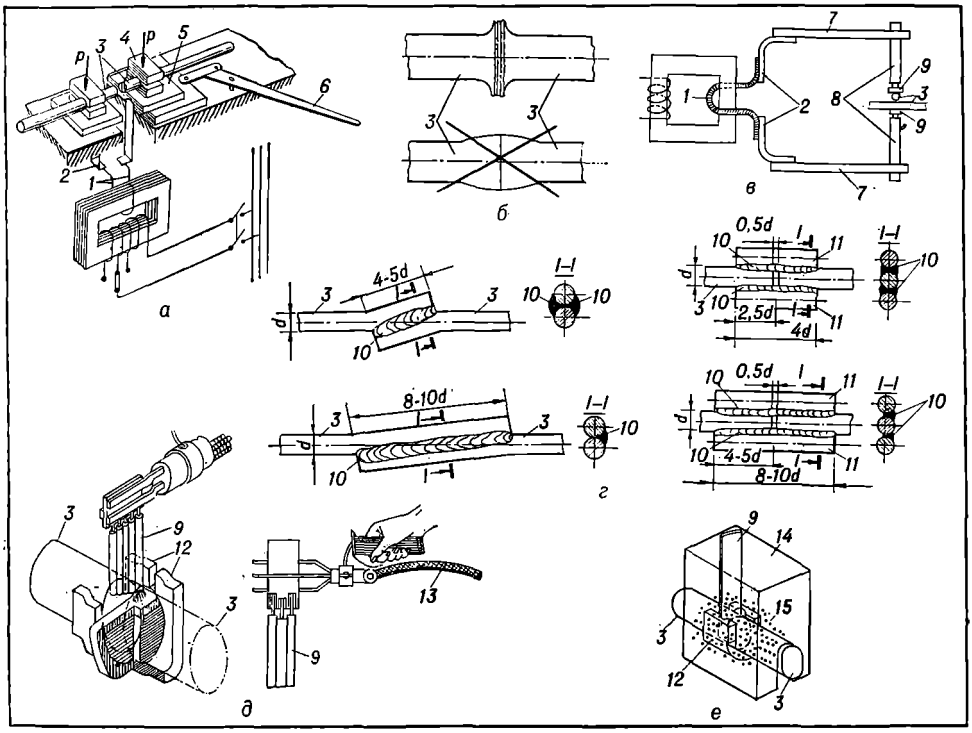


Рис. VII.13. Сварка арматурных стержней:

а — схема машины для контактной стыковой электросварки; *б* — внешний вид стыковых соединений при правильном и неправильном режимах сварки; *в* — схема машины для контактной точечной электросварки; *г* — соединение стержней внахлестку и с круглыми накладками; *д*, *е* — схемы ванной многоэлектродной и ванной электрошлаковой сварки; *1* — вторичные витки сварочного трансформатора; *2* — медные шины; *3* — свариваемые стержни; *4* — зажимы; *5* — подвижная каретка; *6* — рабочий рычаг; *7* — хоботы; *8* — электродержатели; *9* — электроды; *10* — сварные швы; *11* — накладки; *12* — форма; *13* — кабель; *14* — ограждение; *15* — флюс.

каркасов и сеток. Ток большой силы пропускают через свариваемый узел, зажатый между двумя контактами сварочной машины. В месте контакта расплавляется металл в верхнем и нижнем стержнях. Одновременно с отключением тока включается механизм сжатия, которым сжимают стержни. При этом выдавливается шлак и стержни получают заданную осадку.

Дуговой сваркой пользуются для наращивания стержней большого диаметра, при сварке сеток и каркасов, а также в процессе монтажа арматурных изделий на объекте.

Для дуговой сварки служат сварочные аппараты переменного тока и агрегаты постоянного тока. В последнем случае положительный полюс, на котором выделяется больше тепла, подключают к свариваемой детали. Сварку ведут короткой дугой, чтобы капли металла, стекающие с расплавляемого электрода, меньше подвергались вредному воздействию кислорода и азота воздуха.

Электроды изготовляют из стальной проволоки диаметром от 1 до 12 и длиной 450 *мм* с толстой обмазкой. Тип электрода (например, Э-42; Э-46) показывает, что все электроды различного химического состава этого типа создают наплавленный металл прочностью 4,2—4,6 *Мн/м*^{2} (42—46 *кгс/см*^{2}).

Сварка швов внахлестку выполняется двумя или одним фланговыми швами (рис. VII.13,*г*), а также с двумя круглыми накладками — четырьмя или двумя фланговыми швами. Общая длина швов не должна быть меньше 10 диаметров арматуры периодического профиля. Высота сварного шва принимается не менее 4, ширина не менее 10 *мм*. Стыки можно выполнять на желобчатых подкладках с заваркой торцов многослойными швами. Если кант шва превышает 8 *мм*, его выполняют в два или три слоя. В два слоя сваривают стыки стержней арматуры из легированной стали.

Помимо сварки швами, применяют сварку стержней ∅ 8—20 *мм* электродуговыми точками.

При сварке тяжелых арматурных конструкций используют разновидности дуговой сварки — ванную, ванношовную и электрошлаковую,— позволяющие на 20—30% снижать расход электродов и электроэнергии.

Ванную сварку применяют для стыкования стержней диаметром более 20 *мм*. Стык собирают на стальной подкладке или в съемной медной форме. Зазор между стержнями принимается не более 0,8 диаметра стыкуемых стержней. Одноэлектродную сварку ведут для стержней диаметром от 20 до 34 *мм*. Стержни большего диаметра сваривают гребенкой из трех-четырех электродов, приваренных к вспомогательной пластинке, зажатой в одноручковом электрододержателе (рис. VII.13,*д*). Когда сваривают в форме, создается ванна из расплавленного металла электродов, разогревающего и расплавляющего торцы стыкуемых стержней. Застывший металл образует сварной шов.

При ванношовной сварке стержней диаметром от 36 до 80 *мм* стальную подкладку, служащую для образования ванны, фланговыми швами приваривают к стыкуемым стержням, благодаря чему она участвует в восприятии растягивающих усилий.

Электрошлаковая сварка наиболее экономична. Стыкуемые стержни укладывают в медную форму так, чтобы между их концами образовался небольшой зазор, в который вводят пластинчатый электрод (рис. VII.13,*е*). Форму и зазор заполняют флюсом. Дуга, возникающая между электродом и формой, сначала расплавляет флюс, затем из расплавленной стали электрода и концов стержней образуется ванна, закрытая сверху шлаком. В конце процесса излишек шлака стекает через верх формы, а металл успевает за это время кристаллизоваться.

§ 5. СБОРКА АРМАТУРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

На сборку поступают заготовки в виде прямых или гнутых стержней, а также плоские и рулонные сварные сетки. Сетки режут на отрезки заданной длины на станках-ножницах или вручную (газовым пламенем).

Пространственные каркасы готовят несколькими способами: гнутьем сеток; сборкой сварных плоских каркасов и соединением их между собой дуговой или

точечной сваркой; сборкой из отдельных стержней на дуговой сварке; навивкой и сваркой на специальных машинах; вязкой стержней с хомутами вязальной проволокой в каркасы особо сложной пространственной конфигурации, которые трудно или невозможно выполнить сваркой на точечной машине.

При изготовлении **арматурно-опалубочных** блоков на готовый арматурный каркас, способный нести все нагрузки от опалубки, подмостей и бетонной смеси, навешивают унифицированные деревянные или металлические щиты опалубки, или же из унифицированных щитов собирают жесткий опалубочный блок, в который устанавливают самонесущий арматурный каркас. Положение арматурного каркаса по отношению к опалубке фиксируют по высоте кронштейнами, а в плане — специальными фиксаторами.

Армоопалубочные блоки *для подколонников* делают на всю высоту, одновременно устанавливая опалубку стакана и навешивая подмости или рабочие настилы. Блоки *для колонн* выполняют на всю высоту или на часть ее с обстройкой подмостями через 3—5 *м*. Блоки *для балок* и прогонов обычно делают на длину конструкции. Арматурные конструкции *в виде ферм* собирают и сваривают в специальных кондукторных устройствах, обеспечивающих неизменное положение стержней и узлов при сборке и сварке.

Вязку арматурных каркасов вязальной проволокой диаметром 0,8 или 1 *мм* ведут на козелках или столиках. Арматуру балок вяжут в перевернутом положении, укладывая гнутые стержни отгибами вниз на деревянные подкладки. Потом каркас поднимают на перекладины, устанавливаемые в гнезда козелков, и привязывают нижние и боковые стержни к хомутам. Для вязки арматурщики пользуются кусачками с притупленными зубцами.

§ 6. МОНТАЖ НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ

На складе арматурно-сварочного предприятия изделия должны быть подготовлены к транспортировке. Стержни связывают в пучки, сетки и каркасы — в пакеты массой в 60 *кг* и более, опалубочно-арматурные балки раскрепляют схватками. Каждую партию изделий снабжают биркой, в которой указывают наименование конструкции, номер чертежа и изделия, количество, массу и другие данные. На каркасах, в узлах сварки и в конструктивно прочных узлах блоков краской отмечают места строповки. Их следует размещать так, чтобы при подъеме не повредить конструкцию каркаса и придать ему положение, требуемое для установки.

Комплекты арматуры доставляют на объекты автомашинами или на железнодорожных платформах. Изделия, превышающие по длине кузов более чем на 1,5 *м*, перевозят на автомашинах с полуприцепами. Крупные пространственные каркасы при необходимости разрезают на блоки, свариваемые в последующем на строительной площадке.

Транспорт с арматурой подают под крюк крана или на приобъектный склад, на котором рекомендуется иметь трехсменный запас арматуры. Складывают арматуру с учетом порядка подачи ее к месту монтажа. Каркасы, подлежащие укрупнению, выгружают на площадку укрупнительной сборки, расположенную в зоне действия монтажного крана.

Для монтажа применяют обычно те же краны, которыми оборудован объект для ведения железобетонных работ.

Монтаж арматуры начинают после проверки опалубки (ее прочности, устойчивости и соответствия проектным размерам). Если арматуру монтируют до установки опалубки (например, в фундаментах, колоннах, стенках и других конструкциях), надо актом зафиксировать правильность устройства основания, стыковых поверхностей и др.

Перед установкой каркаса ремонтируют повреждения, образовавшиеся при транспортировке. Опалубочно-арматурные блоки оснащают закладными и накладными деталями и болтами (согласно проекту), а также вкладышами, обеспечивающими правильное положение арматуры в блоке.

Кроме того, надо обеспечить неизменное проектное положение арматурных стержней и каркасов по отношению к опалубке и надлежащую толщину за-

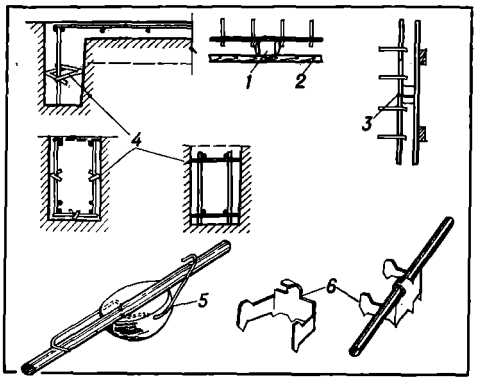


Рис. VII.14. Способы установки подкладок для образования защитного слоя бетона:
1 — подкладка; *2* — опалубка; *3* — вязальная проволока; *4* — стальные коротыши; *5* — бетонная подкладка с пружинными скобами; *6* — металлические штампованные подставки.

щитного слоя бетона, т. е. расстояние между внешними поверхностями арматуры и бетона. Правильно устроенный защитный слой надежно предохраняет арматуру от корродирующего воздействия внешней среды. Толщина защитного слоя в фундаментах, бетонируемых на подготовке, должна быть не менее 35 *мм*, без подготовки — 70 *мм*. В колоннах и балках при диаметре стержней арматуры до 20 *мм* защитный слой должен составлять не менее 20 *мм*, а при большем диаметре стержней — до 30 *мм*. Если конструкцию армируют изделиями из фасонного проката, толщину защитного слоя принимают 150 *мм*. В плитах и стенах толщиной до 100 *мм* защитный слой 15 *мм*, а при толщине плит 50 *мм* — не менее 10 *мм*. Расстояние между стержнями продольной арматуры горизонтальных или наклонных элементов должно быть в свету не менее диаметра стержней (25 *мм* для нижней и 30 *мм* для верхней арматуры).

Для фиксации положения арматуры и толщины защитного слоя к стержням вязальной проволокой подвязывают бетонные подкладки (рис. VII.14) с выпусками. Для этих же целей применяют фигурные подставки из металла или пластмассы.

Готовые арматурные сетки для фундаментов под колонны укладывают краном на бетонные подкладки, обеспечивающие образование защитного слоя. К сетке приваривают нижние концы коротышей арматурных выпусков, служащих для крепления к ним арматурного каркаса колонны.

Монтаж арматурно-опалубочных блоков подколонников (рис. VII.15,*а*,*б*) начинают с разметки осевых линий и фиксации положения осей (рисками на фундаменте и гвоздями на опалубке), затем к верху каждой стороны блока крепят инвентарные расчалки и стропят блок к крюку крана самобалансирующейся траверсой. Подняв блок, его разворачивают и наводят так, чтобы осевые риски на нем совпали с осевыми рисками на уступе фундамента или его опалубки. Блок опускают, проверяют по натянутой над ним проволоке положение осей, а отвесом — вертикально ли он установлен (при этом монтажными ломиками рихтуют блок в проектное положение), после чего закрепляют расчалками к инвентарным якорям, забиваемым в грунт.

Арматуру балок, ригелей и прогонов монтируют из готовых сварных каркасов. Тяжелые каркасы поднимают и устанавливают кранами (рис. VII.15,*в*), легкие — вручную. Концы каркаса заводят за выпуски арматуры колонн или стоек и крепят к ним. Если арматурный блок собирают из плоских сварных каркасов, их поочередно опускают в опалубку балок и закрепляют в нужном положении, сваривая поперечные прутья.

Арматурные блоки колонн массой более 100 *кг* монтируют краном, пользуясь полуавтоматическими стропами (рис. VII.15, *г*, *д*). Готовые каркасы колонн небольшой массы устанавливают, кантуя вручную, в короб опалубки, открытый с одной стороны. Стержни каркаса прихватывают электросваркой к выпускам арматуры. После освобождения крюка крана приваривают стержни к выпускам или закладным деталям. Короб опалубки, открытый с одной стороны, подают краном и кантованием наводят на каркас. В некоторых случаях каркас колонн собирают из готовых плоских элементов, соединяемых сваркой на месте монтажа.

Если арматуру колонн вяжут на месте из отдельных стержней, в открытый с

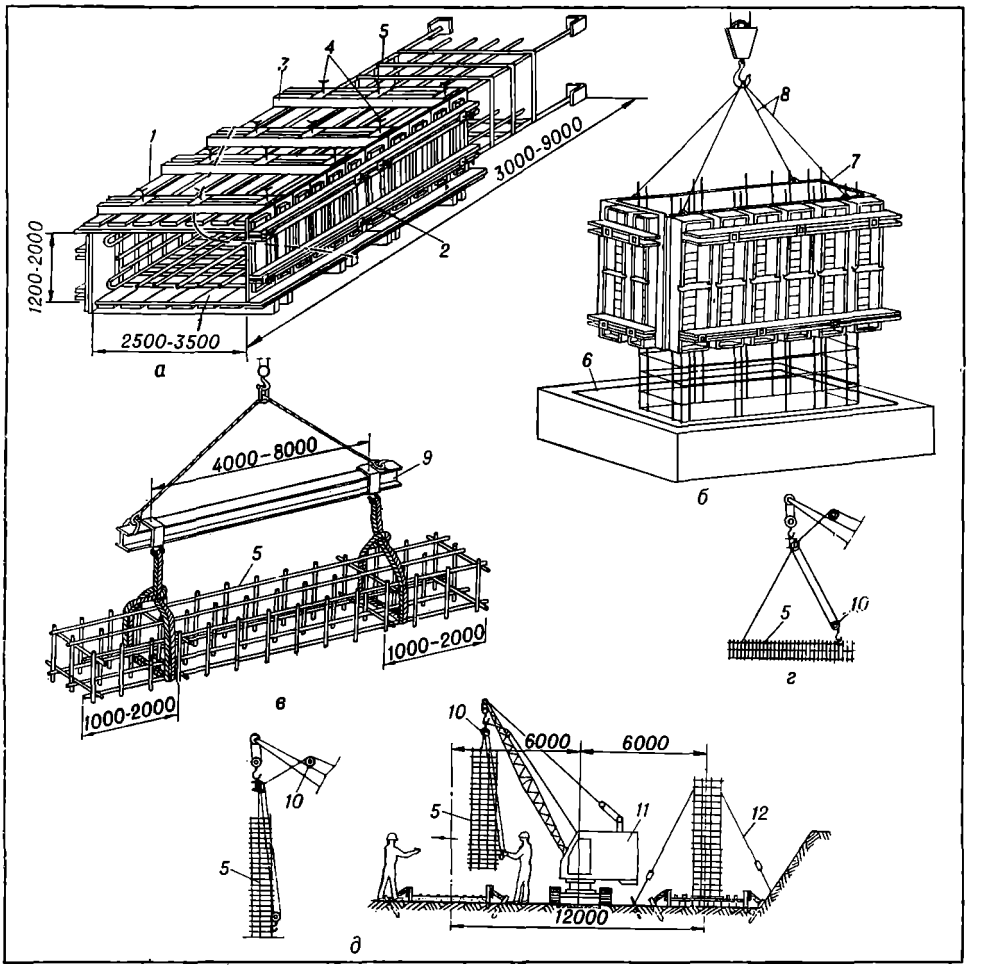


Рис. VII.15. Схемы монтажа арматурно-опалубочных и арматурных блоков:
а — общий вид арматурно-опалубочного блока подколонника; *б* — монтаж такого блока; *в* — монтаж арматурного блока ленточного фундамента; *г, д* — то же, колонны; *1* — щиты опалубки; *2, 3* — схватки; *4* — крепежные болты; *5* — блок арматуры; *6* — стакан фундамента; *7* — арматурно-опалубочный блок; *8* — стропы; *9* — траверса; *10* — полуавтоматический строп; *11* — гусеничный кран; *12* — расчалка.

одной или двух сторон короб опалубки один арматурщик устанавливает вертикальные стержни и хомуты, а второй привязывает проволокой хомуты к стержням, выправляет выпуски арматуры нижележащих колонн или фундаментов и привязывает к ним стержни каркаса колонны.

Установка арматуры плит между балками или прогонами заключается в раскладке по опалубке плоских сварных сеток (или раскатке рулонных сеток), которые закрепляют в проектном положении по разметке, сделанной на опалубке. Отгибы арматуры сеток при диаметре стержней до 10 *мм* делают на месте, пользуясь ключом.

Арматуру стен резервуаров собирают без опалубки из стержней диаметром 16 *мм* и более. При меньшем диаметре стержней надо предварительно устанавливать одну из стенок опалубки.

Арматуру арок обычно собирают на месте. Если высота каркаса превышает

600 *мм*, сборку ведут на днище без боковых щитов опалубки.

Сетки и каркасы из стержней диаметром до 16 *мм* стыкуют внахлестку, заводя их один за другой не менее чем на 250 *мм*. Сетки из гладких стержней заводят на расстояние $L_н$ не менее трех поперечных стержней (рис. VII.16,*а*). Стержни рабочей арматуры периодического профиля рекомендуется располагать в одной плоскости (рис. VII.16,*б*).

Стержни диаметром 16—20 *мм* в каркасах сваривают с помощью накладок или впритык (рис. VII. 16,*в*), диаметром более 20 *мм* — ванным способом на желобчатых подкладках (рис. VII.16,*г*).

Для стыкования вертикальных стержней удобны бессварные соединения с помощью прямоугольных муфт, одну сторону которых после установки заклинивают (рис. VII.16,*д*).

Крестовые пересечения стержней крепят пружинными замками (рис. VII. 16,*е*).

§ 7. ЗАГОТОВКА НАПРЯГАЕМЫХ АРМАТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Напрягаемые арматурные элементы заготовляют на технологических линиях стержневой, прядево-канатной и пучковой арматуры.

Для стержневой арматуры используют горячекатаную сталь периодического профиля диаметром 6—8 и 10—40 *мм* классов А-IV (марки 20ХГ2Ц) и А-IIIв (марок 35ГС и 25Г2С), упрочненную вытяжкой в холодном состоянии. В бетонах высоких марок эффективны углеродистая сталь класса А-IV марки 80С, циркониевая свариваемая сталь марки 20ХГ2Ц, а также термически упрочненные стали классов Ат-IV, Ат-V и Ат-VI, катанка Атк и проволока В-II и Вр-II с повышенным временным сопротивлением на разрыв.

Процесс заготовки стержней состоит из правки, чистки, резки, сварки их в плети и устройства анкеров. Термически упрочненную сталь следует заказывать мерной длины, исключающей необходимость сварки стержней. При необходимости их стыкуют на контактно-стыковых машинах. Утолщения стыков целесообразно обрубать, чтобы уменьшить трение арматуры о стенки канала при натяжении. Для устройства анкеров к концам стержней контактной сваркой (или сваркой трением) приваривают коротыши из стали одинаковой со стержнем прочности (рис. VII.17,*а*). Коротыши имеют резьбу, на которую навинчивают гайки, передающие на бетон нагрузки натяжения через шайбы на плиты. Готовые стержни маркируют, указывая на бирках их длину, диаметр и прочностные показатели.

Арматурные нераскручивающиеся пряди и канаты (рис. VII.17,*б*) изготовляют из высокопрочной проволоки диаметром 1,5—5 *мм*. Пряди выпускаются трех-, семи- и девятнадцатипроволочные (классов П-3, П-7 и П-19) номинальным диаметром от 4,5 до 15 *мм*. Канаты из двух семипроволочных прядей (К2 × × 7) и двух девятнадцатипроволочных (К2 × 19) имеют номинальный диаметр от 9 до 30 *мм*.

Пряди и канаты поступают с заводов металлоизделий отрезками длиной не менее 200 *м* (или заказанной мерной длины), намотанными на металлические катушки. Их сматывают с катушек, пропуская через правильные устройства, и одновременно очищают от масла и грязи. Перерезают канаты и пряди карборундовым диском. Концы прядей во избежание раскручивания закрепляют пачечным железом.

Для анкеровки канатов применяют преимущественно гильзовые наконечники (рис. VII.17,*в*). Гильзу надевают на подготовленный конец каната, запрессовывают на специальном гидравлическом прессе или домкрате и затем на ее поверхности нарезают или накатывают резьбу для крепления муфты домкрата, с помощью которого затем натягивается канат.

В последнее время используют процесс стабилизации прядей, заключающийся в вытяжке с одновременным электротермическим нагревом до 350—400° С (низкотемпературный отпуск под натяжением), что придает прядям высокие упругие свойства и релаксационную стойкость.

Проволочные пучки изготовляют из высокопрочной проволоки (гладкой или периодического профиля). Пучки собирают из 14, 18 и 24 проволок с гильзо-

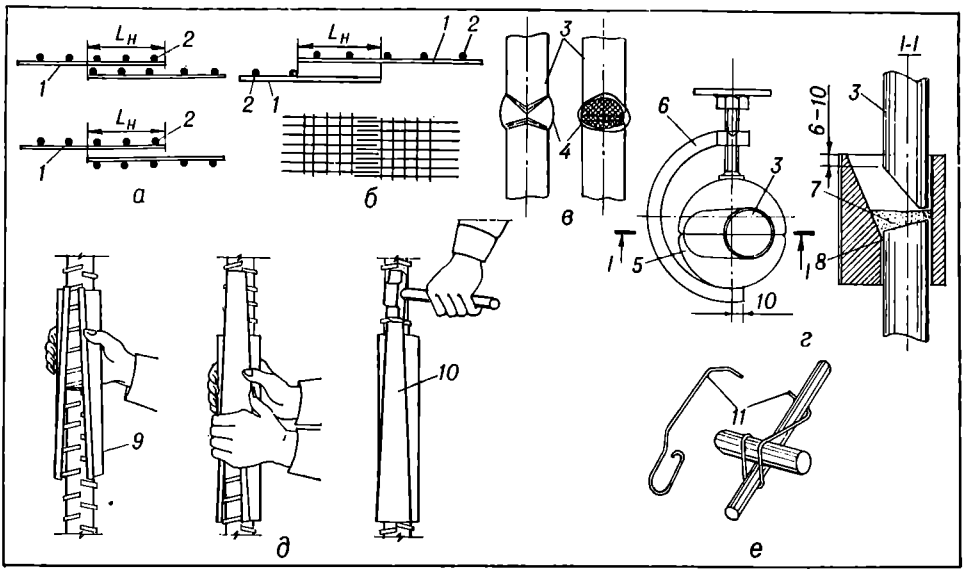


Рис. VII.16. Способы соединения стержней и сеток:

а — стыкование сварных сеток из гладких стержней; *б* — то же, из стержней периодического профиля; *в*, *г* — сварные соединения вертикальных стержней; *д* — приемы бессварного соединения; *е* — крестовое бессварное соединение; *1* — рабочий стержень; *2* — распределительный стержень; *3* — свариваемые стержни; *4* — сварные соединения вертикальных стержней; *5* — разъемная форма для сварки; *6* — скоба; *7* — флюс; *8* — отверстие для удаления шлака; *9* — стальная обойма; *10* — металлический клин; *11* — пружинный замок.

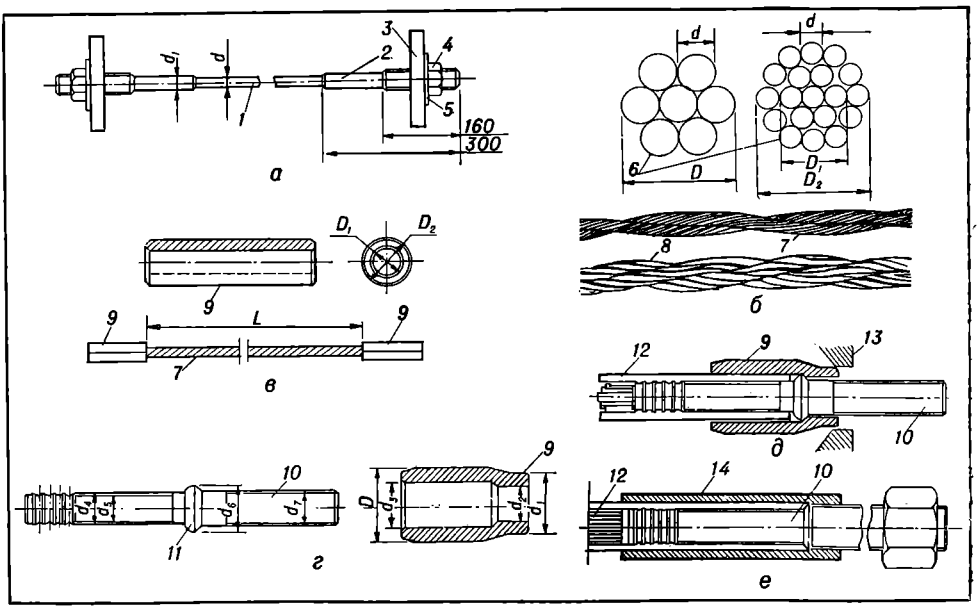


Рис. VII.17. Заготовка напрягаемых арматурных элементов:

а — арматурный стержень с резьбой на концах; *б* — арматурные пряди и канаты; *в* — арматурная прядь с опрессованными гильзами; *г* — детали гильзового анкера для закрепления пучковой арматуры; *д* — гильзовый анкер в сборе до опрессовки; *е* — то же, после опрессовки; *1* — стержневая арматура; *2* — коротыш с резьбой на конце; *3* — плита; *4* — гайка; *5* — шайба; *6* — проволочные пряди; *7* — канат из двух девятнадцатипроволочных прядей; *8* — то же, из двух семипроволочных прядей; *9* — гильзы; *10* — стержень с резьбой; *11* — бурт; *12* — проволоки пучка; *13* — фильера; *14* — гильза после обжатия.

стержневым анкером в порядке, показанном на рис. VII.17, *г*, *д*, *е*.

Готовые элементы прядевой и канатной арматуры с анкерными устройствами наматывают на контейнеры барабанного типа диаметром 2,5 *м*, к которым прикрепляют бирки. Анкеры смазывают солидолом и обматывают мешковиной.

§ 8. ЗАМЕНА АРМАТУРЫ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ И ПРИЕМКА СМОНТИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ

Заменять арматуру приходится, когда в наличии нет стержней требуемого по проекту диаметра, профиля или марки. Если имеются стержни нужной марки, но иного сечения, замену ведут с расчетом, чтобы общая площадь поперечного сечения была не меньше запроектированной. Если же приходится устанавливать стержни из стали другой марки, следует учитывать условия работы конструкции и соответствие им физических и механических свойств устанавливаемых стержней. Замена производится по указаниям технического руководства строительством и согласовывается с проектной организацией.

Арматурные работы относятся к числу скрытых работ. Каждое отступление от проекта — замена диаметров арматуры, ее взаимное расположение — обязательно фиксируются актом. Перед бетонированием все смонтированные арматурные конструкции осматривают, проверяют размеры (сличая их по чертежам), расположение, диаметр и количество стержней, расстояния между ними, правильность устройства стыков, положение подкладок для образования защитного слоя и др.

Сварные швы и узлы, выполненные при монтаже, контролируют наружным осмотром и выборочными испытаниями образцов, вырезанных из конструкции в местах, согласованных с технадзором.

Для испытания прочности сварных соединений от каждой партии отбирают по три образца. Сварные соединения, выполненные контактной стыковой сваркой, при испытании на прочность должны выдерживать нагрузки, соответствующие временному сопротивлению данного класса стали на растяжение.

Глава 4

ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

§ 1. ВИДЫ БЕТОННОЙ СМЕСИ. СОСТАВ ПРОЦЕССА

Бетонная смесь состоит из вяжущего, заполнителей и воды, отдозированных в требуемом количестве и тщательно перемешанных в бетоносмесителе. В результате формования с уплотнением и последующего твердения бетонной смеси получается искусственный каменный материал, называемый ***бетоном.***

В строительстве применяют различные бетоны, отличающиеся объемной массой, марками, крупностью заполнителей и в необходимых случаях — специальными свойствами.

По объемной массе и маркам (пределам прочности при сжатии в *кгс/см*^{2} стандартных контрольных бетонных кубиков размером 15 × 15 × 15 *см* на 28-й день твердения) бетоны подразделяются на следующие группы: тяжелые (объемная масса от 1800 до 2500 *кг/м*^{3}, марки от 100 до 600), особо тяжелые (объемная масса от 2500 до 5000 *кг/м*^{3}, марки от 100 до 200); легкие (объемная масса от 500 до 1800 *кг/м*^{3}, марки от 35 до 400) и особо легкие (объемная масса менее 500 *кг/м*^{3}, марки от 25 до 200).

По крупности заполнителей различают мелкозернистые бетоны, размеры заполнителей которых составляют до 10 *мм*, и крупнозернистые с заполнителями крупностью от 10 до 250 *мм*.

Крупность заполнителей в смесях, применяемых для бетонирования армированных конструкций, не должна быть больше 150 *мм*, так как щебень более крупных размеров при укладке смеси может повредить арматуру и,

располагаясь вдоль стержней арматуры, препятствовать образованию на ней защитного слоя из цементного клея.

Наибольший размер щебня не должен превышать $^1/_3$ наименьшего размера конструкции и $^3/_4$ наименьшего расстояния между стержнями арматуры. Нарушение этих ограничений может привести к зависанию крупного щебня между стержнями арматуры и образованию пустот (раковин) в бетоне.

Качество бетонной смеси в большой степени зависит от ее гранулометрического состава, поэтому в смеси должно быть не менее двух фракций крупного заполнителя и, по возможности, две (а не одна) фракции песка.

Подвижность бетонной смеси, измеряемую осадкой конуса в *см*, и **жесткость**, измеряемую техническим вискозиметром в *сек*, назначают в соответствии с видом бетонируемой конструкции, принятым способом транспортирования готовой смеси, методом ее укладки и уплотнения. По степени подвижности (удобоукладываемости) различают жесткие бетонные смеси с осадкой конуса до 0, малоподвижные смеси с осадкой 1—4 *см*, пластичные — от 4 до 15 *см* и литые — 15 *см* и более.

Свойства бетона зависят от состава бетонной смеси, количества каждого из компонентов, свойств вяжущего и заполнителей, технологии приготовления, укладки и режима твердения.

Тяжелые бетоны применяют при возведении бетонных и железобетонных конструкций общего назначения.

Для бетонных и малоармированных конструкций используют бетонные смеси марок 100—200 с осадкой конуса 0—2 *см*, жесткостью 35—25 *сек* и крупностью заполнителя до 250 *мм*.

Массивные железобетонные конструкции, толстые плиты, балки и колонны большого и среднего сечения выполняют из бетонных смесей марок 150—400 с осадкой конуса 2—4 *см* и жесткостью 25—15 *сек*. Для сильно насыщенных арматурой тонких стенок, колонн, балок и плит малого сечения, а также конструкций, возводимых в скользящей опалубке, употребляют более пластичные бетонные смеси с осадкой конуса 5—8 *см* и жесткостью 12—10 *сек*.

Предварительно напряженные железобетонные конструкции выполняют из бетонных смесей марок от 300 до 800. Особое внимание обращается на зерновой состав смеси: крупность щебня (гравий для таких смесей не рекомендуется) не должна превышать 70 *мм*, увеличивается число фракций щебня и песка в составе бетонной смеси, а также длительность ее перемешивания. Жесткость смеси назначают в пределах 25—10 *сек*.

Особо тяжелые бетоны применяют для возведения специальных бетонных и железобетонных конструкций, защищающих от вредного воздействия радиоактивных излучений. Бетонные смеси приготовляют на заполнителях крупностью до 150 *мм* из лимонита, барита, магнетита и металлического скрапа. Осадка конуса 0—3 *см*, показатель жесткости до 35 *сек*.

Легкие бетоны объемной массой от 500 до 1800 *кг/м*^{3}, марки не ниже 35 используют в качестве конструктивного и конструктивно-теплоизоляционного материалов для устройства несущих и ограждающих конструкций.

Особо легкие бетоны применяют для теплоизоляции конструкций.

Приготовление бетонной смеси на специальных вяжущих и заполнителях, а также введение различных добавок позволяет получать кислотостойкие, щелочестойкие и жаростойкие бетоны, улучшать показатели морозостойкости, удобоукладываемости и водоудерживающей способности, а также сокращать сроки твердения бетона.

Добавка полимеров повышает морозостойкость бетона, а фурилового спирта с хлористым анилином улучшает маслобензоводонепроницаемость бетонов и их стойкость в этих средах.

При проектировании конструкций назначают требуемые параметры бетона: объемную массу, марку, крупность заполнителей и специальные свойства. Эти данные указывают в проектных документах.

Рабочий состав бетонной смеси выбирают на основе экспериментального подбора, проверяя заданные параметры по результатам испытаний образцов, изготовленных из пробных замесов. Учи-

тывая условия производства работ, корректируют состав смеси, чтобы получить нужные свойства затвердевшего бетона в установленные сроки.

С целью экономного использования цемента не следует применять бетоны высоких марок (400, 500) для сжатых линейных элементов — стоек, колонн и т. п., если этому не будет препятствовать недостаточная продольная жесткость конструкции. Запрещается применять бетон на портландцементе марки выше 300 для подготовки под фундаменты и полы (кроме случаев, оговоренных в проекте). Для конструкций, к которым предъявляется только требование прочности, состав бетона назначают так, чтобы он достиг проектной прочности к моменту реального загружения конструкции.

Процесс приготовления бетонной смеси состоит из дозирования компонентов, загрузки их в смеситель, перемешивания, выгрузки готовой смеси в приемное устройство и вспомогательных операций.

§ 2. ДОЗИРОВОЧНАЯ АППАРАТУРА И БЕТОНОСМЕСИТЕЛИ

Для отмеривания по массе или объему компонентов бетонной смеси применяют устройства, называемые ***дозаторами,*** которые могут быть порционного или непрерывного действия, с ручным, полуавтоматическим или автоматическим управлением.

Точность взвешивания цемента и воды на бетоносмесительных установках — в пределах ± 2%, заполнителей ± 3%.

По способу загрузки компонентов и выдачи готовой смеси различают бетоносмесители цикличного и непрерывного действия. В машинах цикличного действия операции по загрузке, перемешиванию и выгрузке разделены во времени и осуществляются последовательно. В бетоносмесителях непрерывного действия компоненты поступают в смесительный барабан, подвергаются перемешиванию и выходят из него в виде готовой бетонной смеси непрерывным потоком.

По способу смешивания компонентов различают машины гравитационного действия, машины с принудительным перемешиванием и виброперемешиванием.

В машинах гравитационного типа цикличного или непрерывного действия компоненты, загруженные во вращающийся барабан с неподвижными лопастями, поднимаются вверх, после чего под действием силы тяжести свободно падают и смешиваются с материалами, находящимися в нижней части барабана.

Бетоносмесители *цикличного действия* различаются по объему готовой смеси, выдаваемой за один замес. Передвижные машины этого типа выпускаются следующих типоразмеров: 65 и 165 *л*; стационарные — 330, 500, 880, 1600 и 3000 *л*.

Производительность цикличного бетоносмесителя вычисляют по формуле

$$П = \frac{qnK_в}{1000}\ м^3/ч, \qquad (VII.1)$$

где q — объем готовой бетонной смеси за один замес, *л*; n — число замесов в 1 *ч*; $K_в$ — коэффициент использования бетоносмесителя по времени (принимается в пределах от 0,85 до 0,93).

Количество замесов в 1 *ч* зависит от емкости смесителя, вида бетонной смеси, ее пластичности и продолжительности перемешивания, считая с момента загрузки всех материалов в смеситель до начала выгрузки (табл. VII.2).

Продолжительность перемешивания легких бетонных смесей увеличивается в 1,5—2 раза. Особо тяжелые смеси следует перемешивать не менее 2 *мин*.

Рекомендуется такая последовательность загрузки в смеситель компонентов обычной бетонной смеси: вначале 15—20 % воды, затем цемент и заполнители, не прерывая заливки воды до нормы.

В машинах принудительного смешения компоненты смеси перемешиваются лопастными валами. При этом смесительный барабан (или чаша) остается неподвижным либо, как в противоточных бетоносмесителях, вращается в противоположную сторону.

Бетоносмесители непрерывного действия в виде двухвальных машин шнекового типа с принудительным смешением компонентов выпускаются производительностью 5, 15, 30 и 60 $м^3/ч$, а машины гравитационного типа с барабанным смесителем — производительностью

Таблица VII.2. **Наименьшая продолжительность перемешивания бетонной смеси в смесителях цикличного действия, *сек***

Емкость смесителя по объему выдаваемой бетонной смеси, *л*	Бетонные смеси объемной массой, *кг/м³*		
	более 2200		от 1800 до 2200
	с осадкой конуса, *см*		
	2—6	более 6	
До 300	75	60	180
800	120	90	240
1600	150	—	—

120 *м³/ч*. Продолжительность перемешивания в бетоносмесителях непрерывного действия указывают в паспортах машин.

Умеренно жесткие и малоподвижные бетонные смеси с осадкой конуса 2 *см* и менее приготовляют обычно в бетоносмесителях принудительного перемешивания, однако при крупности заполнителей более 70 *мм* для этой цели рекомендуется применять гравитационные смесители.

В вибробетоносмесителях одновременно с перемешиванием происходит вибрирование смеси, что улучшает ее качество.

§ 3. БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Бетоносмесительные установки с разной степенью механизации и автоматизации операций по приготовлению бетонной смеси бывают передвижные на пневмоколесном шасси с полной компоновкой оборудования на платформе, сборно-разборные, собираемые из инвентарных транспортабельных блоков, и стационарные.

Построечные бетоносмесительные установки применяют при небольших объемах бетонных работ, в пионерных условиях, на строительстве линейных сооружений большой протяженности, а также для приготовления бетонных смесей со специальными свойствами.

Построечная инвентарная бетоносмесительная установка производительностью 15 *м³/ч* (рис. VII.18,*а*) предназначена для приготовления бетонных смесей в двух смесителях цикличного действия. Она рассчитана на работу при температуре среды выше 0° С. Установка состоит из укрупненных блоков, укомплектованных технологическим и электромеханическим оборудованием. Габариты блоков таковы, что их можно перевозить на железнодорожных платформах и автотранспортом. Монтируют блоки автомобильным краном.

На месте монтажа к блокам присоединяют водопровод, электросеть и трубопровод сжатого воздуха (используемого для пневмотранспортирования цемента). Заполнители, цемент и добавки доставляют автотранспортом.

Легкоперебазируемые автоматизированные бетоносмесительные установки для круглогодичной работы выпускаются также производительностью 5, 30, 60 и 102 *м³/ч* готовых или сухих бетонных смесей.

Центральные бетоносмесительные установки — цехи на заводах сборного железобетона или районные заводы товарной бетонной смеси — получили в строительстве наибольшее распространение.

Бетоносмесительные заводы отпускают потребителям товарные бетонные смеси или полуфабрикаты — сухие смеси. Последние затворяют водой и перемешивают в автобетоносмесителях во время транспортирования к объектам. Сухие смеси также поставляют в контейнерах к бетоносмесителям при строительстве дорог, ЛЭП и др.

Годовая производительность заводов малой мощности — до 50 тыс. *м³* в год, средней — до 100 тыс. и большой мощности — от 150 до 250 тыс. *м³* в год. Их часовая производительность 30, 60, 120, 240 и 480 *м³/ч*.

Инвентарные установки с машинами цикличного действия состоят из блоков массой до 8 *т*. Компоновкой различного числа блоков можно собирать до 24 вариантов сборно-разборных заводов разной мощности. В состав установки входят бункерное, дозировочное и смесительное отделения. Приготовленная к выдаче бетонная смесь подается в раздаточные бункеры (рис. VII.18,*б*).

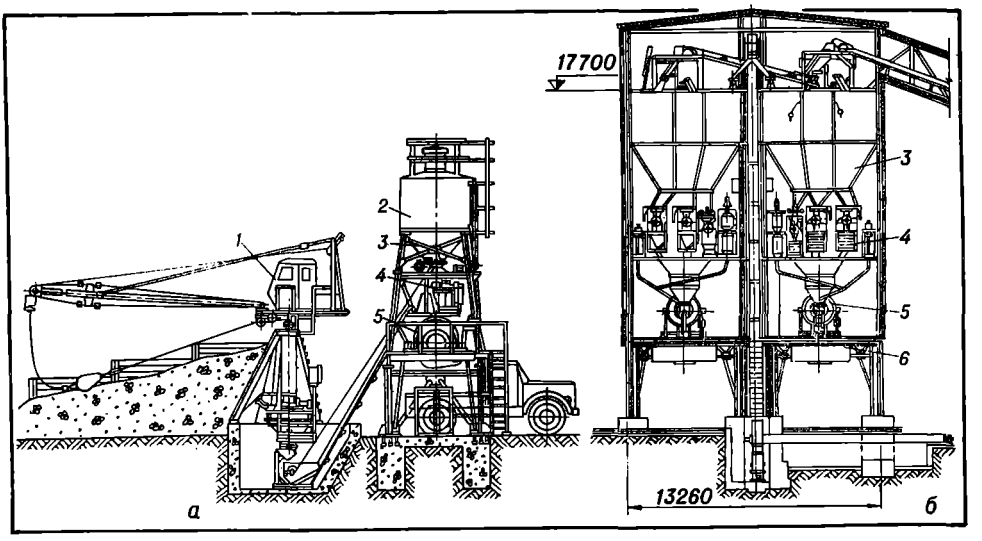


Рис. VII.18. Бетоносмесительные установки:

а — построечная СБ-70; *б* — центральная, состоящая из четырех бетоносмесителей с объемом замеса 800 *л* товарного бетона в каждом; *1* — скрепер, обслуживающий склад заполнителей; *2* — бункер с цементом; *3* — расходные бункеры; *4* — дозаторы; *5* — бетоносмеситель; *6* — раздаточный бункер.

Бетонные заводы-автоматы непрерывного действия различной производительности приготовляют товарную бетонную смесь по программам, записанным на перфокартах.

§ 4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ И В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

Бетонные смеси для конструкций, сооружаемых **в зимних условиях**, приготовляют в отапливаемых бетоносмесительных установках, соблюдая ряд дополнительных требований. В частности, принимают меры для улучшения качества бетонной смеси: тщательно подбирают зерновой состав заполнителей, снижают водоцементное отношение и используют высокоактивные и быстротвердеющие цементы. Продолжительность перемешивания бетонной смеси в смесителях циклического действия увеличивают в 1,5 раза.

Бетонные смеси на обычных портландцементах и шлакопортландцементах применяют для укладки только теплыми. Подогретую бетонную смесь приготовляют на горячей воде и оттаявших или подогретых заполнителях. Температуру подогрева воды и заполнителей выбирают в соответствии с теплотехническим расчетом, исходя из того, чтобы после теплопотерь во время загрузки и перемешивания материалов, а также при транспортировании бетонной смеси она в момент укладки имела заданную положительную температуру. Однако во избежание снижения качества бетонной смеси превышать температуру подогрева компонентов выше значений, приведенных в табл. VII.3, не рекомендуется.

Чтобы получить бетонную смесь заданной температуры, предварительно приготовляют пробные замесы, подбирая температуру воды и составляющих по номограммам, имеющимся в справочниках.

Температуру цемента принимают 5° С. Воду подогревают до наивысшей допустимой температуры. Если тепловой баланс позволяет, сухой щебень крупностью до 70 *мм* при наружной температуре выше минус 5° С можно загружать в смеситель неподогретым. При более низких температурах песок и щебень следует подогревать.

Воду нагревают паровыми регистрами или пуская острый пар непосредственно в бак с водой. На крупных бетоносмесительных установках заполнители

Таблица VII.3. **Наибольшая допускаемая температура бетонной смеси и ее составляющих**

Виды цемента	Температура, ° С		
	составляющих при загрузке в смеситель		бетонной смеси при выходе из смесителя
	воды	заполнителей	
Портландцемент марки 200 и шлакопортландцемент марок 200—300	90	60	45
Портландцемент марки 300 и пуццолановый портландцемент марки 200	80	50	40
Портландцемент и шлакопортландцемент марок 400 и выше, пуццолановый и портландцемент марок 300 и выше	60	40	35
Глиноземистый цемент	40	20	25

нагревают по двухступенчатой схеме: на складе песок и щебень размораживают, а затем в бункерах подогревают до заданной температуры. На построечных установках нагрев осуществляют паровыми регистрами, устанавливаемыми в бункерах, либо во вращающихся барабанах теплоносителем — дымовым газом.

Сыпучесть смерзшихся на складах материалов восстанавливают механическим рыхлением машинами с фрезами или виброрыхлителями с вибрационной плитой. Заполнители следует защищать от снежных заносов.

В бетоносмеситель одновременно с горячей водой загружают крупный заполнитель. Залив половину требуемого количества воды, после нескольких оборотов барабана загружают песок, цемент и остальное количество воды.

В сухом и жарком климате для приготовления бетонной смеси рекомендуется применять быстротвердеющие высокоактивные портландцементы, а также портландцементы, содержащие не менее 50% трехкальциевого силиката C_3S и не более 8% трехкальциевого алюмината C_3A.

В бетонную смесь для сохранения ее технической вязкости следует вводить водоудерживающие и пластифицирующие добавки.

Температура бетонной смеси в момент ее отправки с завода не должна превышать 25° С.

Глава 5

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

§ 1. СОСТАВ ПРОЦЕССА И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Содержание операций по транспортированию бетонной смеси и подаче ее к месту укладки зависит от дальности перевозок, положения в пространстве бетонируемого участка, свойств бетонной смеси, наличия тех или иных транспортных средств, климатических и других местных условий.

В общем виде этот технологический процесс заключается в приеме бетонной смеси из бункера бетоносмесительной установки и перевозке (или перемещении) ее различными транспортными средствами к площадке, последующей подаче смеси к месту укладки или перегрузке ее в другие транспортные машины или приспособления, доставляющие смесь на бетонируемый участок.

Желательно так организовать процесс транспортирования, чтобы исключить перегрузки бетонной смеси, удорожающие стоимость и ухудшающие ее качество. Если добиться этого нельзя, следует отдавать предпочтение способу транспортирования с минимальным количеством перегрузок, имея в виду, что стоимость транспортных операций составляет около 20% общей стоимости уложенного в дело бетона.

Предельную продолжительность транспортирования бетонной смеси устанавливают лабораторными исследованиями с таким расчетом, чтобы на месте укладки бетонная смесь имела заданную подвижность, т. е., чтобы не начался процесс схватывания цемента (табл. VII.4).

Дальность перевозки смеси определяется допустимым временем нахождения ее в пути, состоянием дорог и сред-

Таблица VII.4. **Предельно допустимое время транспортирования бетонной смеси к месту укладки**

Температура бетонной смеси, °С	Время, *мин*
20—30	60
10—20	90
5—10	120

ней скоростью передвижения по ним транспортных средств. Время доставки бетонной смеси к объекту и интервалы между рейсами устанавливают в зависимости от производительности механизмов, подающих смесь к месту укладки, и принятых темпов бетонирования.

При транспортировании бетонную смесь надо защитить от атмосферных осадков, воздействия ветра и солнечных лучей. Важно обеспечить в пути сохранение однородности смеси, свести к минимуму ее расслоение и предохранить от потери цементного молока и раствора.

Способы транспортирования бетонной смеси бывают следующие: порционный (цикличный), непрерывный и комбинированный.

Порционное транспортирование бетонной смеси от центральной бетоносмесительной установки к строительной площадке обычно состоит из двух этапов. *На первом этапе* смесь транспортируют в самосвальных машинах или емкостях (контейнерах, бадьях, бункерах), устанавливаемых на бортовые машины, железнодорожные платформы, автобадьевозы или самоходные баржи. *На втором этапе* порции смеси подают непосредственно к месту укладки, перемещая их по вертикали и горизонтали кранами, подъемниками или бетоноукладчиками.

Непрерывный (трубопроводный или конвейерный) способ транспортирования применяют, когда бетоносмесительная установка расположена недалеко от объекта строительства с большим объемом бетонных работ.

При комбинированном способе транспортирования бетонную смесь от центральной бетоносмесительной установки порционно доставляют автобетоновозами или автобетоносмесителями и подают к месту укладки средствами непрерывного (трубопроводного или конвейерного) транспорта.

Транспортным процессам сопутствуют **вспомогательные работы,** предусматриваемые ППР: устройство и передвижка мостов и эстакад для проезда машин, укладка путей для кранов и бетоноукладчиков, установка приемных бункеров, вибролотков, хоботов, конструкций, поддерживающих трубопроводы и конвейеры, а также подмостей и лесов.

§ 2. ДОСТАВКА БЕТОННОЙ СМЕСИ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Наибольшее распространение получило транспортирование бетонной смеси специальными автомобилями. Конструкция кузова для перевозки бетонной смеси должна обеспечить ее сохранность в пути, удобную быструю разгрузку и легкую очистку.

Автосамосвалы общего назначения, например ЗИЛ-ММ-555, отвечают этим условиям не полностью: разгрузка их затруднена и длится 5—6 *мин* (в зимнее время — еще больше); при перевозке по плохим дорогам смесь выплескивается, а из щелей у заднего борта вытекает цементное молоко. Конструкцию кузова во время эксплуатации несколько улучшают наращиванием его бортов металлическими листами и прокладкой у заднего борта уплотнителя из резины.

Однако только применение **специальных автобетоновозов** с кузовом корытообразной (каплевидной, ковшеобразной) формы (рис. VII.19,*а*) обеспечивает качественное транспортирование бетонной смеси на значительные расстояния. Например, автобетоновоз АБ-32 снабжен кузовом емкостью 3—4 $м^3$, имеющим угол наклона 85° и высоту выгрузки 1670 *мм*. На кузове установлен побудитель, сокращающий время разгрузки до нескольких секунд и допускающий порционную выдачу смеси. Кузов имеет крышку, предохраняющую смесь от воздействия атмосферных факторов.

Дальность транспортирования бетонной смеси автосамосвалами ориентировочно принимают до 20 *км*. В автобето-

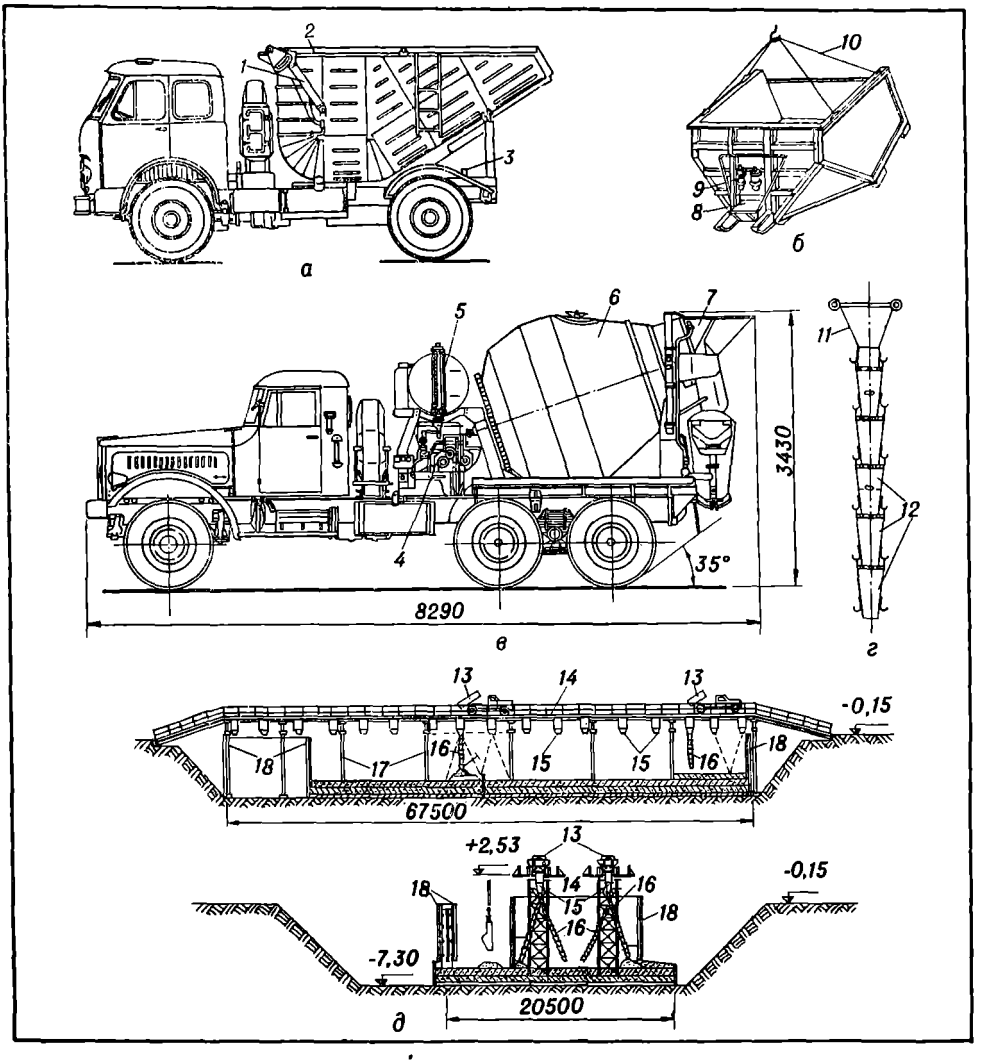


Рис. VII.19. Транспортирование бетонной смеси автомашинами:
а — автобетоновоз; *б* — вибробункер; *в* — автобетоносмеситель; *г* — звеньевой хобот; *д* — схема бетонирования фундамента с эстакады; *1* — гидроцилиндр; *2* — крышка кузова; *3* — упор; *4* — привод смесительного барабана; *5* — бак для воды; *6* —смесительный барабан; *7* — загрузочно-разгрузочное устройство; *8* — секторный затвор; *9* — вибратор; *10* — тросы стропа; *11* — воронка; *12* — звенья хобота; *13* — автобетоновозы; *14* — мост; *15* — вибробункеры; *16* — хоботы; *17* — стойки; *18* — опалубка-облицовка.

новозах смесь перевозят на расстояние до 40 *км*.

При транспортировании бетонной смеси к рассредоточенным объектам на значительные расстояния (более 45 *км*) по загруженным городским магистралям, строительстве в скользящей опалубке и подаче смеси бетононасосами, а также в местностях с жарким климатом целесообразно применять **автобетоносмесители** с барабанами емкостью 2,5—4 $м^3$ готового замеса*. Они транспортируют бетонную смесь на расстояние до 60 *км*

* За рубежом автобетоносмесители имеют барабаны емкостью от 4 до 10 $м^3$. Последние сконструированы на полуприцепах с седельным тягачом. Наиболее экономичны машины с барабаном емкостью 5—6 $м^3$.

со скоростью около 60 *км/ч*. В барабан автобетоносмесителя на центральной установке загружают сухую смесь. В пути следования, за 10—20 *мин* до разгрузки включают двигатель, приводящий во вращение барабан бетоносмесителя, в который подается порция воды. Разгрузка смеси осуществляется обратным движением барабана, через лоток, позволяющий подавать бетонную смесь на высоту до 3 *м* с поворотом на 180° (рис. VII.19,*в*). В автобетоносмесителях можно перевозить и готовую бетонную смесь (с замедленным вращением барабана в пути следования).

В контейнерах или бадьях, устанавливаемых на бортовых машинах, или специальных **автобадьевозах** бетонную смесь перевозят для подачи под стрелы кранов.

Автобетоновозами можно подавать бетонную смесь непосредственно в конструкцию (например, при бетонировании подстилающего слоя — подготовки — под полы, основания под дорожное покрытие, в массивные бетонные или слабоармированные фундаментные плиты).

Однако в большинстве случаев приходится пользоваться временными устройствами в виде эстакад и передвижных мостов, устанавливаемых над бетонируемой конструкцией, и подавать на них автобетоновозы, а для подачи бетонной смеси к месту укладки применять вибробункера, звеньевые хоботы (рис. VII.19, *б*, *г*), вибролотки, желоба и др.

Бетоновозная эстакада (рис. VII.19,*д*) состоит из металлических опор, расположенных на забетонированных подушках (на уровне нижней арматурной сетки). Стойки эстакад используют для подвешивания арматуры и установочных кондукторов (стойки остаются потом в бетонном массиве).

На эстакаде или по ее краям размещают вибробункеры, к которым подвешивают звеньевые хоботы для подачи бетонной смеси. Для укладки бутового камня — «изюма» устанавливают лотки. Въезды на эстакаду устраивают в виде пандусов. Автомашины с бетонной смесью и бутовым камнем подают на проезжие полосы эстакады и сгружают бетонную смесь в приемные вибробункеры, а камень — в лотки.

При бетонировании массивных фундаментов, например под прокатные станы, применяют бетоновозные *передвижные мосты* (рис. VII.20,*а*), которые передвигаются по рельсам, уложенным на балках, опирающихся на подколонники. Мосты могут перемещаться по рельсам, уложенным на дне или по бровкам котлована, либо одна из опор — по рельсовому пути, уложенному в котловане, а другая — по рельсовому пути, проходящему по бровке котлована. Если ППР предусматривается бетонирование фундаментов после окончания монтажа конструкций цеха, для подачи бетона используют мостовые краны грузоподъемностью 10—15 *т*.

Тип и количество N транспортных средств выбирают с учетом дальности перевозки, вида дороги, погодных условий, состава и подвижности смеси, а также требуемого потока бетона

$$\Pi = Q/S \ м^3/смену, \qquad (VII.2)$$

где Q — общий объем укладываемой бетонной смеси и S — количество смен бетонирования.

Формула VII.3 дает возможность определить количество машин N типа i для перевозки бетонной смеси с данного завода:

$$N = \frac{\Pi_i}{T q_i \beta_i}\left(t_{пi} + t_{рi} + t_{мi} + t_{перi} + \right.$$
$$\left. + \frac{l}{v} + \frac{l'}{v'}\right), \qquad (VII.3)$$

где T — длительность смены, *ч*; q_i — грузоподъемность автомашины, *т*; i — тип автомашины; β_i — коэффициент использования машины по грузоподъемности; $t_{пi}$ — длительность ее погрузки, доли часа; $t_{рi}$ — то же, разгрузки, доли часа; $t_{мi}$ — то же, маневрирования до разгрузки, доли часа; $t_{пер\,i}$ — дополнительное время на перемешивание смеси (для автобетоносмесителей), доли часа; l — расстояние от завода-изготовителя бетонной смеси до объекта, *км*; l' — расстояние от объекта до завода, *км*; v — скорость автомашины с грузом, *км/ч*; v' — то же, без груза, *км/ч*.

Если один завод не в состоянии обеспечить требуемый поток бетонной смеси,

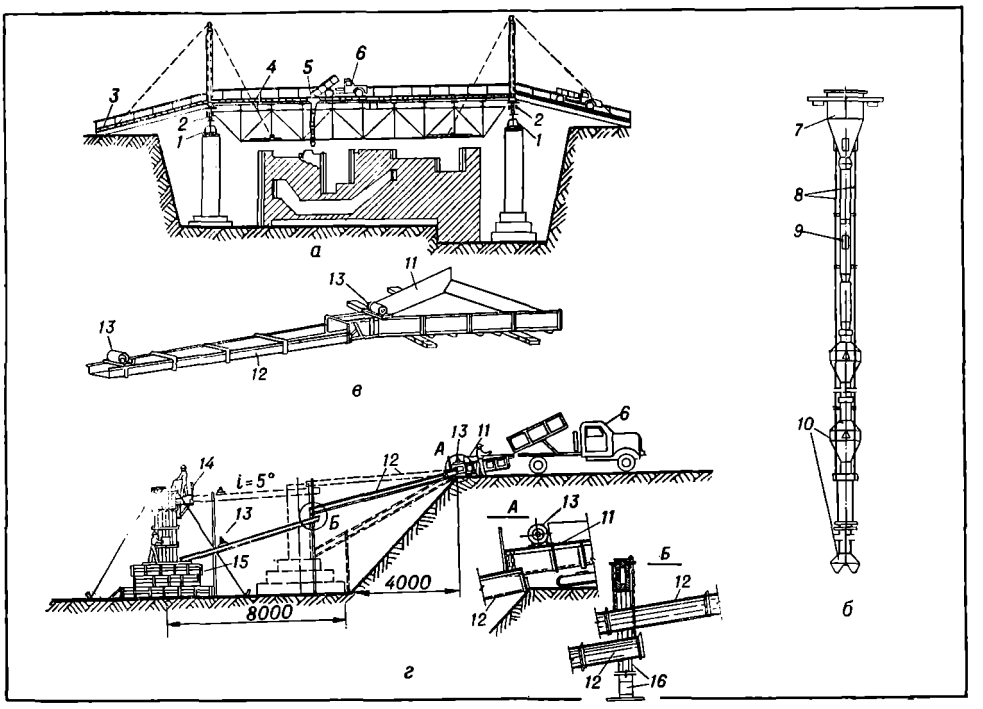


Рис. VII.20. Схемы подачи бетонной смеси и оборудование, применяемое при бетонировании фундаментов:

а — бетонирование фундамента под технологическое оборудование с передвижного моста; *б* — виброхобот; *в* — вибропитатель и виброжелоб; *г* — бетонирование ступенчатого фундамента с помощью виброконвейера; *1* — рельсы; *2* — катки передвижного моста; *3* — въездной пандус; *4* — мост; *5* — звеньевой хобот; *6* — автобетоновоз; *7* — воронка; *8* — трос; *9* — вибратор; *10* — гасители; *11* — вибропитатель; *12* — виброжелоб; *13* — вибраторы; *14* — подмости; *15* — ступенчатый фундамент; *16* — стойка.

ее доставляют с нескольких заводов, выбирая тип автомашины в зависимости от дальности перевозки и состояния дороги. Например, при большой дальности транспортирования надо отдать предпочтение автобетоносмесителям, обеспечивающим доставку смеси заданной подвижности.

Высота предельного свободного сбрасывания бетонной смеси — до 5 *м*. Если блок бетонируемой конструкции находится на большей глубине, следует во избежание расслоения бетонной смеси обеспечить медленное ее сползание по виброжелобам (рис. VII. 20, *в*) или применять звеньевые хоботы (рис. VII. 19, *г*). С помощью виброхоботов, снабженных вибраторами-побудителями (рис. VII.20, *б*), можно опускать бетонную смесь на глубину от 10 до 80 *м*.

На рис. VII.20, *г* показано бетонирование железобетонного ступенчатого фундамента с помощью вибропитателя и виброжелоба.

Установка оборудована вибраторами, благодаря которым при уклоне питателя и лотков 5—20° обеспечивается движение жестких бетонных смесей на расстояние до 20 *м*. Производительность установки 5—30 *м*³/*ч*.

§ 3. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПО ТРУБАМ

По трубам-бетоноводам бетонную смесь транспортируют с помощью бетононасосов и пневмонагнетателей.

В последнее время все шире применяют **бетононасосы с гидроприводом**, обеспечивающие плавную работу

с надежным регулированием производительности, возможность реверсирования и подачи смеси по облегченным бетоноводам, закрепленным на шарнирно-сочлененных стрелах с телеуправлением. Бетононасосы выпускаются с масляным или водяным гидроприводом, с принудительным возвращением поршней в исходное положение или с их жесткой связью. Производительность насосов с гидроприводом может быть от 20 до 160 *м*³/*ч*. Находят применение также так называемые шланговые насосы с гидроприводом производительностью до 60 *м*³/*ч*.

Установки стационарного типа применяют с бетоноводами диаметром 140—219 *мм* при бетонировании свайных фундаментов, опор глубокого заложения и при длительных сроках бетонирования на одном участке и потоке 15—20 *м*³/*ч*. Прицепные установки используют при потоке бетона более 20 *м*³/*ч* и необходимости перестановок на площадке.

Особенно эффективны мобильные бетононасосные установки, смонтированные на специальных автомобильных шасси. Их применяют при бетонировании многоэтажных зданий, густоармированных конструкций, в стесненных условиях и т. п. Эти насосы легко перебазировать с объекта на объект. Их снабжают тонкостенными, высокопрочными бетоноводами диаметром 75—100 *мм*, что при высоком давлении обеспечивает подачу смеси на 300 *м* по горизонтали или на 60 *м* по вертикали.

Рис. VII.21,*а* дает представление о бетонировании конструкций многоэтажного здания бетононасосом с гидроприводом. Бетоновод укреплен на шарнирно-сочлененной стреле. Предельные точки подачи смеси непосредственно в опалубку с одновременным ее распределением располагаются на 30 *м* по высоте или 10 *м* по глубине (рис. VII.21, *б*).

Обычно к бункерам бетононасосов смесь доставляют автобетоносмесителями, обеспечивающими однородность и стабильность свойств смеси. При компоновке оборудования у объекта надо предусмотреть возможность установки очередного автобетоносмесителя на запасной позиции, чтобы не допускать больших перерывов в перекачивании смеси. При длительных перерывах возможна реверсивная перекачка смеси. Перед перебазированием стрелу с бетоноводом с помощью гидроцилиндров приводят в транспортное положение. Бетоноводы диаметром 75—100 *мм* имеют концевые гибкие резинотканевые рукава длиной 5—12 *м* с рукояткой, что позволяет манипулировать ими при подаче бетонной смеси непосредственно в опалубку. Бетоноводы стационарных установок больших диаметров снабжены поворотными стальными лотками длиной до 3 *м*. При работе целесообразно укладывать бетоновод на высоте 1,75 *м* и к нему с небольшим уклоном в сторону насоса подвешивать лоток на кольцах для слива промывочной воды.

Бетононасосами перекачивают бетонные смеси с осадкой не менее 5 *см*, обладающие связностью и удобоперекачиваемостью, а также почти литые с осадкой около 15 *см*. Особое внимание надо обращать на правильное соотношение мелких заполнителей и цемента в смеси, соотношение между фракциями песка и гравия и на их гранулометрический состав. Предельная крупность заполнителей в зависимости от диаметра труб должна быть от 20 до 70 *мм*. Соотношение между величиной зерен заполнителя и внутренним диаметром бетоновода принимают не менее 1 2,5 (например, при диаметре бетоновода 100 *мм* предельная крупность зерен заполнителя не должна превышать 40 *мм*). Наилучшее водоцементное отношение: В/Ц = 0,5÷0,65.

При размещении бетоносмесительной установки у строящегося объекта бетононасос устанавливают под раздаточными бункерами или загружают его через виброрешетку из выходного люка бетоносмесителя непрерывного действия. Возможна двух- или трехступенчатая подача бетонной смеси несколькими насосами, устанавливаемыми на разных ярусах по высоте или длине трассы.

Если бетонную смесь доставляют к объекту в автобетоновозах, над бетононасосом устраивают перегрузочную эстакаду с приемным бункером (рис. VII. 21,*в*). Работы, которые рекомендуется вести в три смены, начинают с бетони-

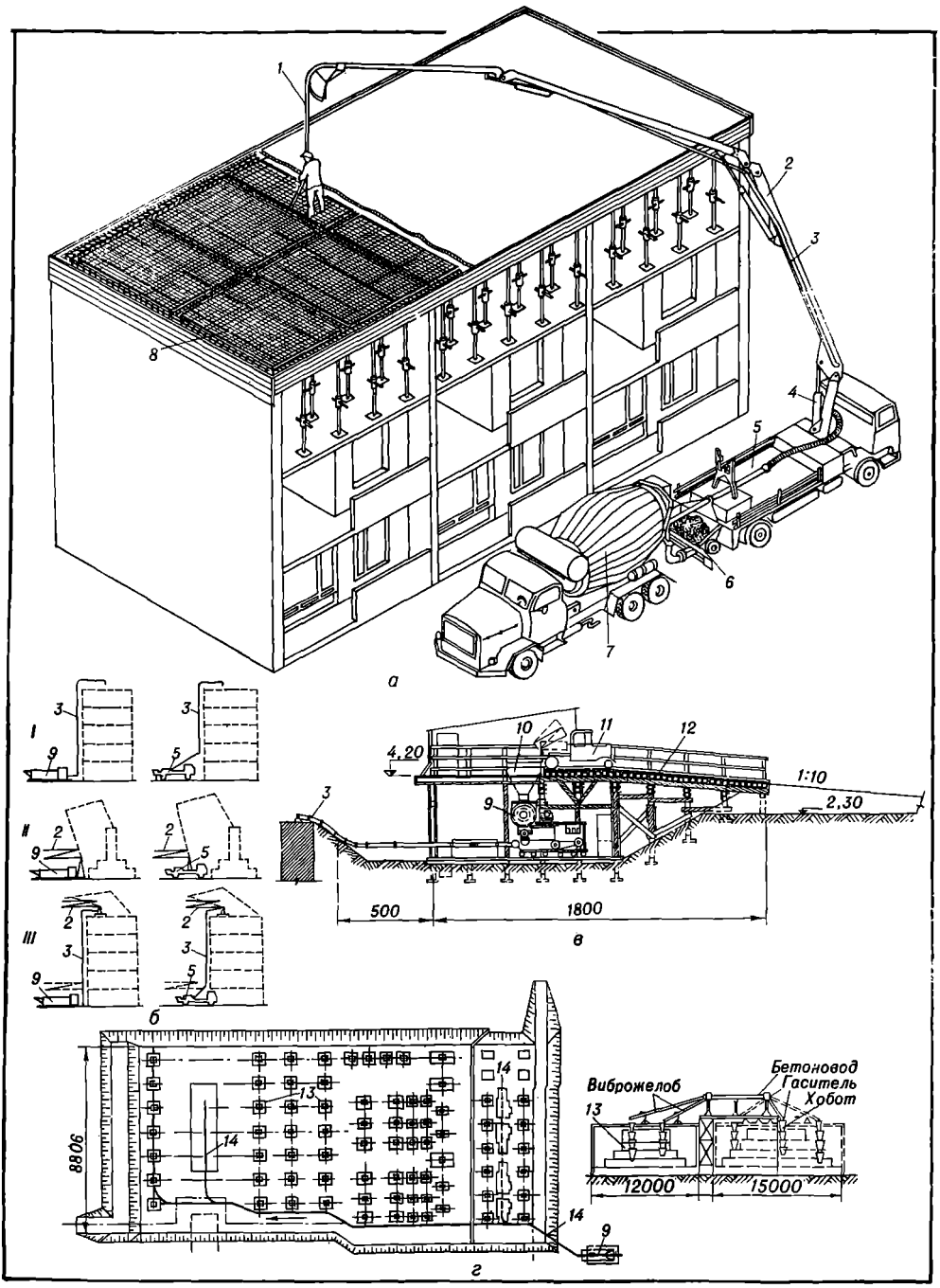


Рис. VII.21 Транспортирование бетонной смеси по трубам:

а — подача смеси автобетононасосом с гидроприводом по бетоноводу на шарнирно-сочлененной стреле; *б* — основные типы исполнения бетононасосных установок: *I* — без стрелы; *II* — со стрелой; *III* — с выносной стрелой; *в* — схема установки стационарного бетононасоса; *г* — схема бетонирования фундаментов с помощью бетононасоса; *1* — концевой резинотканевый рукав; *2* — шарнирно-сочлененная стрела; *3* — бетоновод; *4* — гидропоршень; *5* — автобетононасос; *6* — приемный бункер насоса; *7* — автобетоносмеситель; *8* — бетонируемое перекрытие; *9* — стационарный бетононасос; *10* — бункер для бетонной смеси; *11* — автобетоновоз; *12* — пандус; *13* — ступенчатые фундаменты; *14* — бетоновод на стойках.

рования блоков на отдаленных участках сооружения и тем самым более длительно используют магистральные бетоноводы (рис. VII.21, *г*).

После окончания монтажа стационарной бетононасосной установки и ее испытания (перед началом перекачивания бетонной смеси) надо смазать внутреннюю поверхность бетоновода цементным раствором или известковым молоком. Для этого в звено бетоновода у насоса устанавливают два пыжа и вливают в пространство между ними порцию раствора. Продвигаясь между пыжами, раствор образует на внутренней поверхности бетоновода пленку смазки. При перерывах в бетонировании продолжительностью 30—60 *мин* нужно включать бетононасос на несколько оборотов коленчатого вала для подвижки смеси по бетоноводу или осуществить реверсивную перекачку. После окончания работ бетоновод опорожняют и промывают водой с помощью банников и пыжей.

Пневмотранспортные установки применяют для транспортирования бетонной смеси при возведении малоармированных конструкций, обделке тоннелей, работах в стесненных подземных условиях и т. п.

В комплект установки входят пневмонагнетатель емкостью от 400 до 800 *л* и производительностью до 45 *м*³/*ч*, бетоновод с внутренним диаметром труб 150 и 180 *мм*, ресивер и гаситель. Если на стройке нет централизованного снабжения воздухом, устанавливают компрессор, развивающий давление до 0,6 *Мн*/*м*² (6 *ати*). Дальность подачи смеси по горизонтали — до 150, по вертикали — до 35 *м*. Имеются специальные установки, подающие смесь на высоту до 60 *м*.

Пневмонагнетатели работают циклично. Бетонная смесь, поступившая в резервуар нагнетателя, подается сжатым воздухом по бетоноводу, в котором частично смешивается с воздухом, что уменьшает ее сопротивление трению. Бетоновод монтируют так же, как и для бетононасосов. На конечном звене устанавливают гаситель, который ослабляет напор струи бетонной смеси, отделяет воздух и способствует лучшему распределению смеси по бетонируемой поверхности.

Бетонная смесь (осадка конуса 6—8 *см*) не должна содержать заполнителей крупнее 40—60 *мм*. Качество смеси возрастает при введении пластифицирующих добавок, например сульфитно-спиртовой барды (ССБ), в количестве 0,1—0,26% массы цемента. Очищают бетоноводы пыжами из мешковины.

Сменную эксплуатационную производительность бетонотранспортных установок можно подсчитать по формуле

$$П_{экс} = П_{техн} K_{вр} t_{см} \ м^3/смену, \quad (VII.4)$$

где $П_{техн}$ — часовая техническая производительность, *м*³/*ч*, для автобетононасосов с гидроприводом, вычисляемая по формуле

$$П_{техн} = 3600 \frac{\pi D^2 l}{4 T_п} K = 2827 \frac{D^2 l}{T_п} K \ м^3/ч,$$

где D — диаметр цилиндра бетононасоса, *м*; l — ход поршня, *м*; $T_п$ — продолжительность хода поршня (время между толчками бетононасоса при переключении задвижек), *сек*; K — коэффициент заполнения цилиндра бетонной смесью, равный 0,93 для смеси подвижностью 5—10 *см* и 0,95 при осадке конуса более 10 *см*;

$K_{вр}$ — коэффициент использования установки во времени; $t_{см}$ — продолжительность смены, *ч*.

Бетононасосы с гидроприводом выпускают производительностью 40, 60, 100 и до 160 *м*³/*ч*.

Производительность пневмонагнетателей рассчитывают по формуле

$$П_{техн} = q_{пн} n_ц \ м^3/ч,$$

где $q_{пн}$ — емкость пневмонагнетателя, *м*³; $n_ц$ — число циклов, подсчитываемое по формуле

$$n_ц = \frac{360}{t_э + \frac{L}{v}}.$$

Здесь $t_э$ — время на загрузку и операции с клапанами, *сек*; L — дальность транспортирования, *м*; v — скорость транспортирования, *м*/*сек*.

§ 4. ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ, БЕТОНОУКЛАДЧИКОВ И МОТОТЕЛЕЖЕК

При доставке бетонной смеси автобетоновозами их подают к приемному вибробункеру, обеспечивающему равномерное ее поступление на ленту конвейера. Подающий конвейер перегружает бетонную смесь на звеньевой, откуда она поступает на вибролотки или в звеньевые хоботы и затем к месту укладки.

Рабочая ветвь конвейеров имеет крутолотковое очертание. Скорость движения ленты принимают до 1 *м/сек*. Ленты взаимосвязанных конвейеров двигаются с одинаковой скоростью. Для смесей с осадкой конуса до 4 *см* угол подъема конвейера не должен превышать 18°, спуска — 12°; с осадкой конуса до 6 *см* — соответственно 15 и 10°

Легкие секционные конвейеры длиной 9 *м*, устанавливаемые на стойках-постаментах (рис. VII.22, *а*), применяют для подачи бетонной смеси на небольшие расстояния. Каждая секция имеет автономный привод и взаимную блокировку. Ленты покрыты слоем каучука, что облегчает их очистку и позволяет доводить скорость движения до 2 *м/сек*. Блок конвейеров из пяти секций обеспечивает подачу 45—90 $м^3/ч$ бетонной смеси на расстояние до 45 *м*.

Магистральные ленточные конвейеры используют для транспортирования бетонной смеси на расстояние 1,5—2 *км*. Их загружают из раздаточного бункера бетоносмесительной установки через вибропитатель. Весь транспортный тракт подачи бетонной смеси обычно оборудован автоматической блокировкой, обеспечивающей немедленную остановку всех

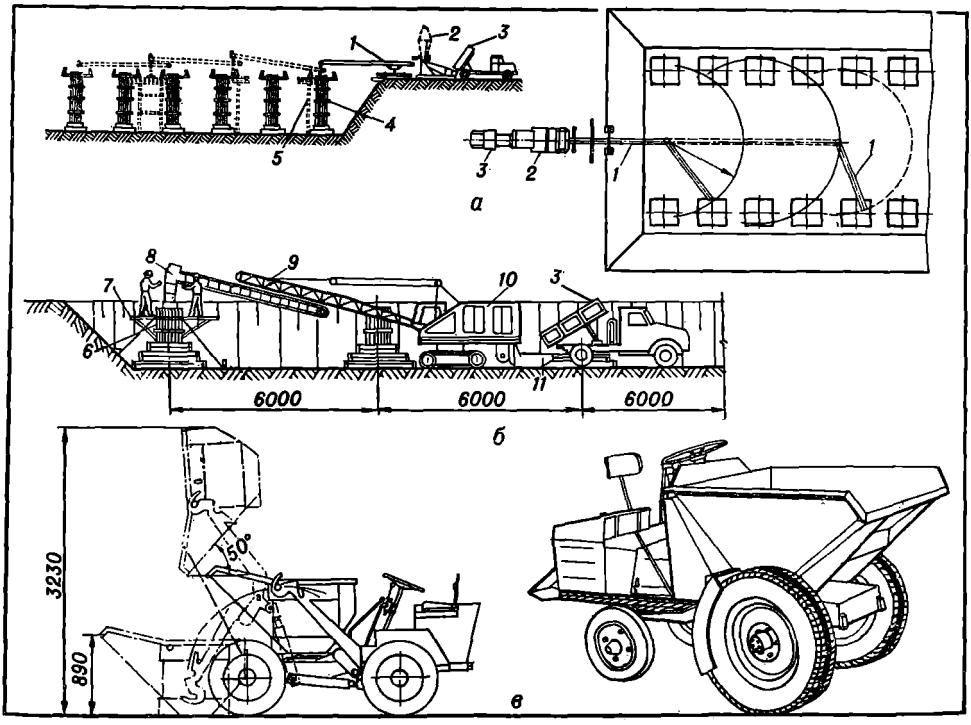


Рис. VII.22. Применение конвейеров, бетоноукладчиков и мототележек для подачи бетонной смеси:

а — схема бетонирования фундаментов под колонны с помощью секционных ленточных конвейеров (разрез и план); *б* — то же, с помощью бетоноукладчика; *в* — мототележки; *1* — секция конвейера; *2* — перегрузочный бункер; *3* — автобетоновоз; *4* — фундамент; *5* — постамент для конвейера; *6* — опалубка; *7* — подмости; *8* — хобот; *9* — конвейер бетоноукладчика; *10* — бетоноукладчик; *11* — приемный бункер-скип.

механизмов, начиная с двигателей бетоносмесителя.

Эстакады для распределительных конвейеров могут быть стационарные, установленные на железобетонные стойки и оставляемые в теле бетонируемой конструкции, или передвижные. На устройство эстакад и мостов и на их перемещение затрачивается много труда и материалов. Поэтому при бетонировании фундаментов и других конструкций, расположенных несколько выше или ниже нулевой отметки, рационально применять **бетоноукладчики** — самоходные машины, на вращающейся платформе которых имеется оборудование для приема бетонной смеси и подачи ее по конвейеру к месту укладки.

Самоходный полноповоротный бетоноукладчик на гусеничном ходу может передвигаться по бровке или дну котлована (рис. VII.22,*б*). Автобетоновоз разгружает бетонную смесь в приемный бункер-скип бетоноукладчика емкостью до 2,5 $м^3$, оборудованный затвором-питателем, допускающим постепенную выгрузку смеси на ленту конвейера. Телескопический конвейер, поддерживаемый полиспастом, подает бетонную смесь от оси машины по горизонтали на расстояние 5—30 *м* и на высоту до 8 *м*, а также может опускать смесь вниз под углом до 10°, что обеспечивает большую маневренность и широкий фронт работ.

В мототележках на резиновом ходу (рис. VII.22,*в*) бетонную смесь перевозят к участкам бетонирования. Тележка с ковшом емкостью 0,3 $м^3$ в груженом состоянии весит около 1 *т* и может передвигаться со скоростью до 38 *км/ч*. Мототележки со сменными ковшами типа «скип-бетон» используют для заполнения бадей кранов, а типа «ковш-воронка» — для подачи бетонной смеси непосредственно в опалубку.

§ 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРАНОВ И ПОДЪЕМНИКОВ

Стреловые и башенные краны, установленные на бровке или двигающиеся по дну котлована, обслуживают работы по возведению фундаментов, массивов, конструкций цокольных этажей при строительстве многоэтажных зданий и многоярусных сооружений.

Портальные краны применяют при возведении массивных сооружений: плотин, шлюзов, пирсов, опор мостов.

Бетонная смесь подается кранами в б а д ь я х, которые бывают поворотными («туфельки») и неповоротными. *Поворотные бадьи* загружаются из автобетоновоза, краном переводятся в вертикальное положение и подаются к месту укладки смеси. *Неповоротные бадьи* можно загружать на бетоносмесительных установках и на площадке. Конструкция бадей должна обеспечивать удобную приемку бетонной смеси, полную непрерывную или порционную выгрузку, возможность подачи кранами и герметичность, исключающую потери цементного молока. Предпочтительно применять бадьи с простыми по конструкции челюстными или секторными затворами.

Для бетонирования немассивных конструкций (балок, ригелей, колонн, покрытий и т. п.) применяют неповоротные бадьи емкостью 0,5—1 $м^3$, обычно разгружаемые сбоку, для более массивных — емкостью 1—2 $м^3$, а для массивных конструкций (фундаментов под домны, прокатные станы, гидросооружения) — емкостью 2—3 $м^3$.

Цикличный транспортный процесс происходит по следующей схеме: автобетоновоз (рис. VII.23,*а*) разгружает бетонную смесь в поворотные бадьи емкостью, соответствующей вместимости кузова бетоновоза. Бадьи размещают в зоне действия стрелы крана. Кран поднимает бадью на ярус бетонирования к месту укладки. Здесь рабочие принимают бадью и через воронки или лотки подают бетонную смесь в опалубку (рис. VII.23,*б*). При необходимости возможно порционное распределение смеси по слою бетонирования.

Примером эффективного использования башенных кранов являются работы по сооружению опускного колодца (рис. VII.23, *в*). Этот комплексный процесс осуществляют в три смены, в течение которых башенный кран подает арматуру, опалубку, приспособления и бетонную смесь.

На строительстве высотных зданий применяют **приставные башенные краны**, обеспечивающие бетонные работы только в радиусе действия стрелы.

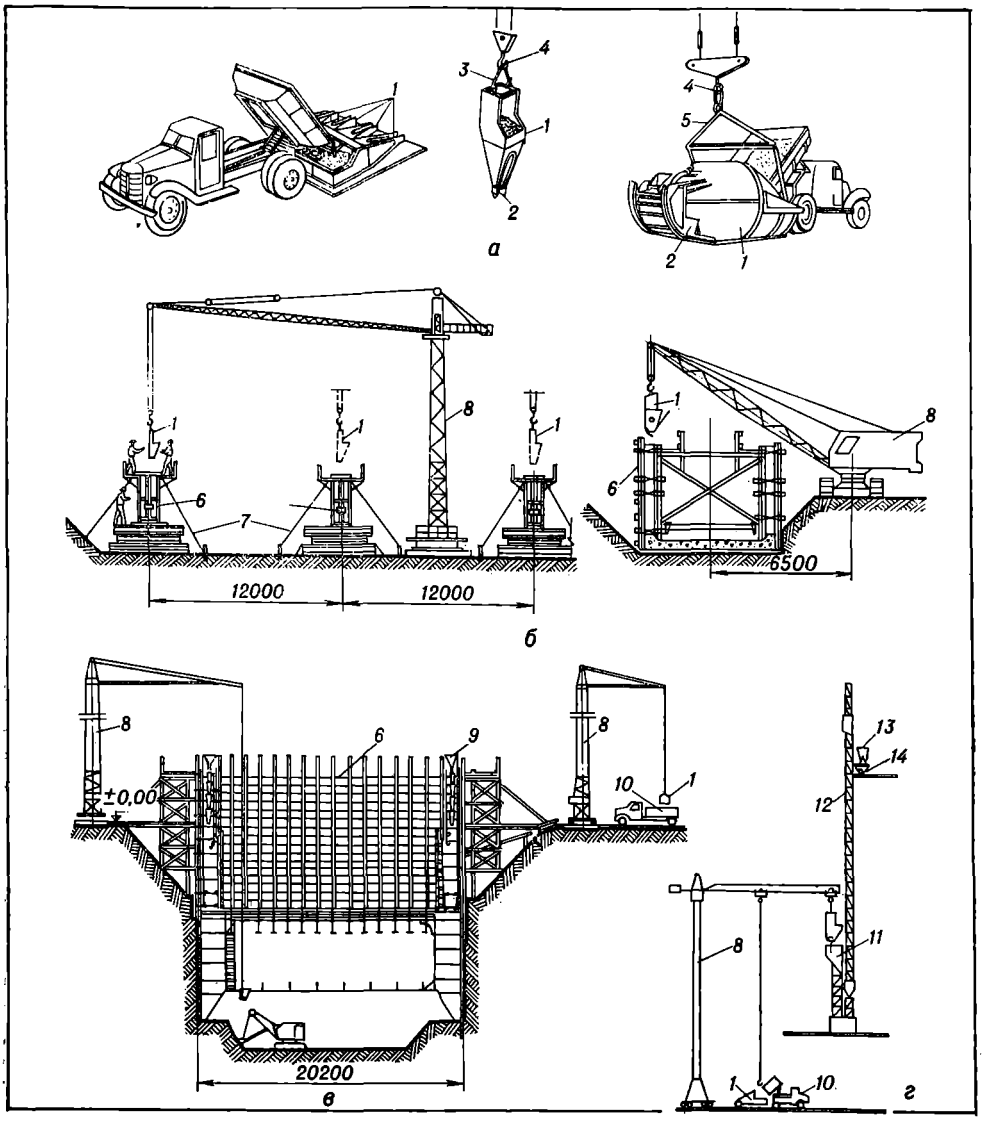


Рис. VII. 23. Схемы подачи бетонной смеси кранами и подъемниками:

а — загрузка бадей; *б* — бетонирование фундаментов при расположении крана внутри и на бровке котлована; *в* — бетонирование стенок опускного колодца; *г* — использование шахтоподъемника для подачи бетонной смеси; *1* — бадьи; *2* — затвор; *3, 5* — подвески; *4* — крюк крана; *6* — опалубка; *7* — растяжки; *8* — краны; *9* — воронка звеньевого хобота; *10* — автобетоновоз; *11* — приемный бункер; *12* — шахтоподъемник; *13* — раздаточный бункер; *14* — мототележка.

Для этих работ используют также **подъемники** — мачтовые производительностью до 4 $м^3/ч$ и шахтные (рис. VII.23, *г*) с ковшами емкостью до 350 *л* и производительностью до 15 $м^3/ч$, позволяющие организовать смешанную подачу бетонной смеси. В таких случаях смесь из автобетоновоза выгружают в поворотную бадью. Башенным краном ее подают к приемному бункеру бетоноподъемника, по которому ковш со смесью поднимают на бетонируемый этаж,

выгружают в раздаточный бункер, затем развозят по участкам мототележкой.

§ 6. ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ И В МЕСТНОСТЯХ С СУХИМ ЖАРКИМ КЛИМАТОМ

В зимних условиях бетонную смесь транспортируют с минимальными перегрузками, стремясь замедлить ее остывание в пути. Температуру бетонной смеси в момент выдачи ее с завода (с учетом снижения температуры при транспортировании и перегрузках) определяют по формуле

$$t_{см} = \frac{t_{б.\,н} - t_{н.\,в} \sum \Delta t_{тр}}{1 - \sum \Delta t_{тр}}, \quad \text{(VII.5)}$$

где $t_{б.\,н}$ — температура бетонной смеси, укладываемой в опалубку, определяемая теплотехническим расчетом, °С; $t_{н.\,в}$ — температура наружного воздуха, °С; $\Sigma\Delta t_{тр}$ — суммарное снижение температуры бетонной смеси за время транспортирования при перепаде между температурой наружного воздуха и бетонной смеси в 1° С.

Пункты погрузки и выгрузки бетонной смеси надо защищать от ветра. При перевозке бетонной смеси в сильные морозы и снегопады кузовы автосамосвалов закрывают деревянными крышками или брезентом, а также оборудуют самосвалы системой подогрева отходящими газами. Автобетоновозы имеют кузовы со съемными крышками, поднимаемыми гидропоршнем.

Магистральные конвейеры следует располагать в отапливаемых галереях, а распределительные — заключать в короба. Бетононасосы и пневмонагнетатели устанавливают в утепленных помещениях, а бетоноводы и виброхоботы утепляют войлоком и покрывают толем или пергамином. При сильных морозах рядом с бетоноводом размещают обогревающий паропровод.

В условиях сухого жаркого климата во время транспортирования бетонной смеси надо закрывать кузовы самосвалов брезентом. Если смесь перевозят на большие расстояния, ее водоцементное отношение несколько увеличивают, чтобы обеспечить в момент укладки требуемые по проекту жесткость и величину В/Ц. В таких случаях целесообразно доставлять в контейнерах сухие отдозированные смеси и перемешивать их в бетоносмесителях на площадке.

Глава 6

БЕТОНИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. СОСТАВ ПРОЦЕССА, ПОДГОТОВКА К БЕТОНИРОВАНИЮ

Бетонирование — наиболее ответственный этап возведения бетонной или железобетонной конструкции. Укладываемая бетонная смесь должна принять форму, предусмотренную проектом конструкции и определяемую контурами опалубки. При бетонировании смесь заполняет все промежутки между стержнями арматуры, образует защитный слой требуемой толщины и подвергается уплотнению до плотности, соответствующей заданным объемной массе и марке бетона.

Затвердевший бетон трудно поддается исправлению, поэтому надо строго соблюдать обусловленную технологию бетонирования.

Бетонирование состоит из подготовительных и проверочных операций, процесса укладки, содержащего операции по приему, распределению и уплотнению бетонной смеси, а также вспомогательных операций, осуществляемых по ходу бетонирования.

Прежде чем дать разрешение на начало работ по бетонированию, надо проверить и оформить актами скрытые работы, т. е. качество и соответствие проекту тех элементов конструкции, которые в процессе бетонирования будут закрыты — останутся в теле бетона. Проверяется подготовка к бетонированию

естественного основания, выполнение гидроизоляционных работ, правильность установки арматуры и закладных деталей, анкеров, каналообразователей и др.

Акты на скрытые работы должны быть подписаны ответственными лицами и служить отчетными документами при сдаче готового сооружения. Затем геодезическими инструментами выверяют точность установки опалубки, наличие строительных подъемов в днищах коробов балок и арок, правильность установки клиньев или домкратов для раскружаливания и т. д. При проверке лесов и подмостей составляют акт, фиксирующий 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 8 *мм* заделывают для предотвращения вытекания цементного молока. Поверхности стальной и пластиковой опалубки покрывают смазкой, например отработанным маслом, а железобетонную, армоцементную или асбестоцементную опалубку-облицовку промывают струей воды. Арматуру очищают от грязи и ржавчины. Одновременно выполняют работы по наладке механизмов, машин и приспособлений, используемых во всех взаимосвязанных операциях по бетонированию. На рабочем месте устанавливают нужный инвентарь, устраивают ограждения, предохранительные и защитные устройства, предусмотренные техникой безопасности. В необходимых случаях оборудуют телефонную, световую или звуковую сигнальную связь между рабочими местами по подаче, приему и укладке бетонной смеси.

Прием, распределение и уплотнение бетонной смеси надо вести в непрерывной последовательности. За этим ответственным процессом нужен постоянный надзор технического персонала стройки. В журнале бетонных работ каждую смену записывают дату, свойства бетонной смеси, объемы выполненных работ, количество и дату изготовления контрольных образцов, температуру наружного воздуха и бетонной смеси, тип опалубки и дату распалубливания конструкций.

Во время укладки и распределения бетонной смеси следят за состоянием лесов и опалубки. При обнаружении смещений или деформаций опалубки бетонирование прекращают и принимают меры к исправлению дефектов.

Одновременно с бетонированием выполняют вспомогательные операции по установке и перемещению транспортных и грузоподъемных средств: виброжелобов, бункеров, бетоноводов, конвейеров и т. п.

В конце смены инвентарь, механизмы и приспособления очищают от наплывов бетона, промывают бетоноводы и др.

§ 2. УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Задача этого процесса состоит в предельной упаковке различных по форме и величине частиц, составляющих многокомпонентный конгломерат — бетонную смесь.

Объемная масса бетона по сравнению с бетонной смесью при ее хорошем уплотнении возрастает с 2,2 до 2,4—2,5 $т/м^3$.

Уплотняют бетонную смесь трамбованием, штыкованием и вибрированием.

Трамбовки — ручные или пневматические — применяют при укладке жестких смесей в бетонные и малоармированные конструкции, когда нельзя применять вибраторы (например, опасаясь воздействия вибрации на работающее оборудование).

Для штыкования (проталкивания кусков щебня, зависающих между стержнями арматуры) при укладке и вибрировании смесей с осадкой конуса 4—8 *см* в густоармированные конструкции используют шуровки из арматурной стали (рис. VII.24, *а*). Шуровки используют также для уплотнения пластичных смесей с осадкой конуса более 8 *см*, расслаивающихся при виброукладке.

Вибрирование — основной способ уплотнения бетонных смесей с осадкой конуса от 0 до 8 *см*. Суть процесса состоит в том, что при помощи специальных аппаратов — вибраторов, устанавливаемых на поверхности или опущенных в укладываемый слой бетонной смеси на некоторую глубину, расположен-

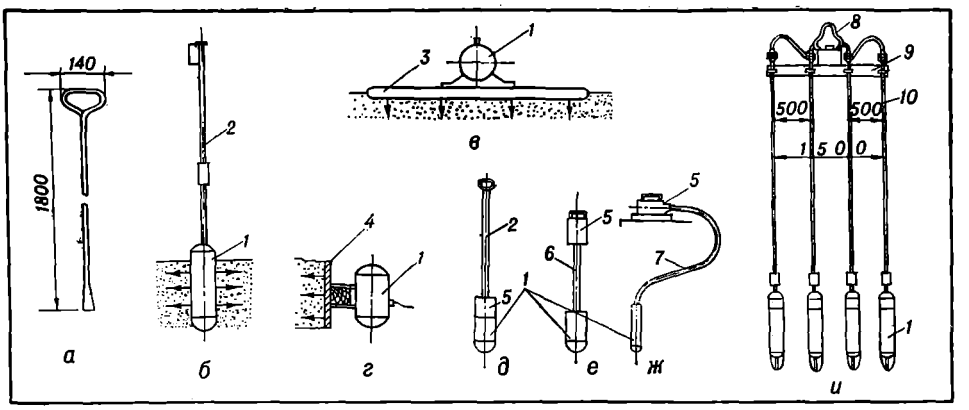


Рис. VII.24. Вибраторы и инструменты для уплотнения бетонной смеси:
а — шуровка; *б* — вибратор глубинный (внутренний); *в* — то же, поверхностный; *г* — то же, наружный; *д* — внутренний вибратор с двигателем, встроенным в наконечник; *е* — то же, с двигателем, вынесенным к ручке; *ж* — то же, с гибким валом; *и* — пакетный вибратор; *1* — корпус вибратора; *2* и *10* — штанги; *3* — металлическая площадка; *4* — опалубка; *5* — двигатель; *6* — штанга с жестким валом; *7* — гибкий вал; *8* — серьга; *9* — зажим.

ные вблизи компоненты смеси вовлекаются в колебательные горизонтальные и вертикальные движения, развиваемые вибратором с определенной, присущей ему частотой и амплитудой колебаний. Энергия вибрационных колебаний преодолевает силы внутреннего трения между частицами смеси. Жесткая и рыхлая бетонная смесь в зоне действия вибратора становится подвижной и стремится занять наименьший объем. Происходит упаковка составляющих.

Вибрирование — непродолжительный процесс. Через 30—100 *сек* (в зависимости от условий вибрации) прекращается оседание бетонной смеси и на поверхности уплотняемого бетона появляются цементное молоко и пузырьки воздуха, что свидетельствует об окончании воздействия вибрации. Дальнейшее вибрирование на данном месте не способствует уплотнению и может привести к расслоению смеси вследствие опускания крупных частиц. Неэффективно также вибрирование пластичных смесей с осадкой конуса более 8 *см*. Здесь силы трения из-за большой подвижности смеси невелики, и энергия колебаний растрачивается на расталкивание крупных составляющих, которые в результате оседают, расслаивая смесь.

Виброуплотнение благотворно сказывается на качестве бетона. При его использовании на приготовление жестких смесей расходуется на 10—15% меньше цемента, поэтому уменьшается усадка бетона и выделение тепла во время твердения, что снижает опасность возникновения трещин. Уменьшение содержания воды в бетонной смеси при неизменном расходе цемента увеличивает прочность бетона, его водонепроницаемость, морозостойкость, сопротивление истиранию и скорость твердения, улучшает сцепление бетона с арматурой. Кроме того, сокращаются сроки распалубливания.

Степень уплотнения бетонной смеси зависит от того, насколько частота, амплитуда и форма колебаний, длительность и мощность вибрирования соответствуют составу бетонной смеси и ее подвижности.

Частота — количество колебаний в минуту — и амплитуда колебаний — наибольшее отклонение колеблющейся частицы от положения равновесия (обычно от 0,1 до 1,2 *мм*) — взаимосвязаны. Это дает возможность применять различные режимы вибрирования для смесей разного состава. Смеси с крупными по величине зернами заполнителя вибрируют при низкой частоте колебаний (от 3000 до 6000 $мин^{-1}$), но большой амплитуде, а при уплотнении мелкозернистых бетонных смесей применяют вибрацию высокой частоты (до 20 000 $мин^{-1}$), но малой амплитуды.

Форма колебаний может быть *направленного* или *ненаправленного* действия. Вертикально направленные колебания затухают быстрее, чем горизонтальные, поэтому рациональнее помещать вибратор в толще уплотняемой бетонной смеси, т. е. применять глубинные (внутренние) вибраторы, и тем самым использовать лучше энергию вибрации. Так как бетонная смесь содержит заполнители разной крупности, во многих случаях целесообразно применять поличастотное вибрирование, при котором зона уплотнения подвергается одновременно вибрации высокой и низкой частот.

В современных вибраторах, применяемых для уплотнения бетонной смеси в монолитных сооружениях, вибрация возбуждается в результате быстрого вращения неуравновешенных масс — одного или нескольких дебалансов, насаженных на ось, или планетарным механизмом, в котором колебания создаются бегунком, обкатывающимся вокруг центрального пальца или внутри втулки, закрепленной в корпусе вибратора. Если применить неуравновешенный относительно своей геометрической оси бегунок, при его вращении получаются сложные колебания двух разных частот.

По способу воздействия на уплотняемую бетонную смесь различают вибраторы глубинные (рис. VII.24,*б*), поверхностные (рис. VII. 24,*в*) и наружные, прикрепляемые тисками к опалубке (рис. VII.24,*г*).

Глубинные вибраторы выполняют с электро- или пневмодвигателем, встроенным в наконечник (вибробулава — рис. VII.24,*д*), с электродвигателем, вынесенным к ручке (рис. VII. 24, *е*) и с вынесенным к ручке двигателем и гибким валом (рис. VII.24,*ж*). Частота колебаний вибраторов с дебалансным возбудителем — до 6000, а с планетарным — до 20000 $мин^{-1}$. Вибрацию с большей частотой не применяют, так как при малой амплитуде колебаний снижается эффективность уплотнения.

Двухчастотные планетарные вибраторы выпускаются с колебаниями высокой частоты — до 20 000 $мин^{-1}$ и низкой — до 3600.

Выбирая тип и размер глубинного вибратора, учитывают расстояние между стержнями арматуры. Принято считать густоармированными конструкциями такие, у которых расстояние между стержнями — не более 100, среднеармированными — от 100 до 300, малоармированными — более 300 *мм*.

При бетонировании мало- и среднеармированных конструкций применяют глубинные вибраторы с встроенным в корпус вибровозбудителем — *вибробулавы* диаметром 76, 114 и 133 *мм*, с частотой от 5700 до 11000 $мин^{-1}$.

Для уплотнения смеси при бетонировании тонких и густоармированных конструкций используют вибраторы с гибким валом (одно- или двухчастотные) и пневматические двухчастотные вибраторы.

Электромеханические вибраторы с гибким валом снабжены вибронаконечниками диаметром 28, 51 и 76 *мм*. Частота их колебаний — от 10 000 до 20 000 $мин^{-1}$ при амплитуде 0,4—0,7 и 1,2 *мм*.

Пневматические глубинные вибраторы с частотой колебаний 18000/3600 и 14 000/3600 $мин^{-1}$ имеют вибронаконечники диаметром 34, 50, 75 *мм* для бетонирования густо- и среднеармированных конструкций и наконечник диаметром 110 *мм* — для малоармированных конструкций. Радиус действия при вибрировании смесей с осадкой конуса 1—3 *см* составляет соответственно 30, 45 и 60 *см*. Эти вибраторы отличаются простотой конструкции и малой массой, они надежны и удобны в работе и обслуживании.

При укладке бетонной смеси в крупные массивы и фундаменты используют мощные одиночные и пакетные вибраторы, подвешиваемые на крюке крана.

Вибропакет (рис. VII.24,*и*) состоит из 4 или 8 вибраторов, диаметром рабочей части до 194 *мм* и длиной до 1000 *мм*. Вибропакет из 15 таких же вибраторов с частотой до 5500 $мин^{-1}$, применяемый в гидротехническом строительстве, имеет массу до 5500 *кг*.

Производительность внутреннего вибратора определяют по формуле

$$П = 2K_в R_о d \frac{3600}{t + t_1} \ м^3/ч, \quad \text{(VII.6)}$$

где $K_в$ — коэффициент использования вибратора по времени, равный 0,8—0,85;

R_0 — радиус действия вибратора, *м*; d — толщина слоя бетона, *м*; t — продолжительность вибрирования, *сек*; t_1 — время на перестановку вибратора, *сек*.

Применяют следующие типы поверхностных вибраторов.

Площадочные вибраторы снабжены рабочим органом в виде гладкой плиты или поддона, к которому через амортизаторы жестко прикреплен вибратор и две ручки. Радиус действия площадочных вибраторов не превышает 25 *см*. Продолжительность вибрирования на одной позиции — от 20 до 60 *сек*.

Виброброус имеет рабочий орган, на котором установлены один или несколько вибраторов, работающих синхронно. Перемещается виброброус на колесах, двигающихся по направляющим, укладываемым по краям бетонируемой полосы.

Мощные подвесные вибраторы (с двигателем 100 *квт*) имеют решетчатые площадки с основанием до 1800 × × 1800 *мм*.

Наружными (тисковыми) вибраторами уплотняют бетонную смесь в густоармированных конструкциях. Для этой цели применяют тисковой электромеханический вибратор с радиусом действия до 80 *см*, который крепят снаружи к опалубке двумя винтовыми зажимами в виде тисков. Колебания через опалубку передаются на бетонную смесь.

§ 3. УСТРОЙСТВО РАБОЧИХ ШВОВ

Конструкции обычно бетонируют с перерывами, вызываемыми сменностью работ, технологическими и организационными причинами. Место, где после перерыва укладывают свежую бетонную смесь вприток к ранее уложенному и уже твердеющему бетону, называется *рабочим швом*.

В изгибаемых конструкциях рабочие швы располагают в местах с наименьшим значением перерезывающей силы. В колоннах швы устраивают на уровне верха фундамента, у низа прогонов, балок или подкрановых консолей, в колоннах безбалочных перекрытий — у низа или верха вута, в рамах между стойкой и ригелем (рис. VII.25,*а*). Расположение рабочих швов в ребристых перекрытиях показано на рис. VII.25,*б* (здесь d — длина бетонируемого участка

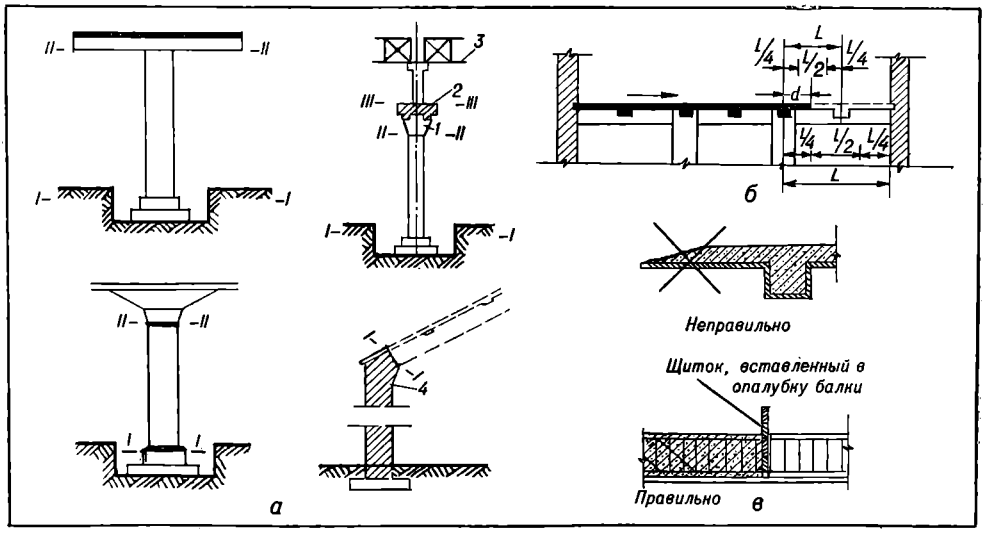


Рис. VII.25. Устройство рабочих швов:

а — расположение рабочих швов при бетонировании колонн; *б* — то же, ребристых перекрытий; *в* — детали устройства рабочего шва; *1* — консоли для подкрановых балок; *2* — подкрановые балки; *3* — фермы покрытия; *4* — стойка рамы; *I — I, II — II, III — III* — места устройства рабочих швов.

плиты у рабочего шва). В высоких балках, монолитно связанных с плитами, шов устраивают, не доходя 20—30 *мм* до уровня нижней поверхности плиты.

Возобновлять бетонирование можно после достижения бетоном у рабочего шва прочности не менее 1,5 *Мн/м²* (15 *кгс/см²*). Это определяет продолжительность перерывов (18—24 *ч* при температуре +15°), а также расположение швов в соответствии с принятыми темпами укладки.

Поверхность рабочего шва должна быть перпендикулярна к оси элемента, а в стенах и плитах — к их поверхности. Для этого надо устанавливать щиты-ограничители с прорезями для арматурных стержней (рис. VII.25,*в*), хорошо прикрепляя их к щитам опалубки.

При подготовке к очередному бетонированию швы обрабатывают через 8—24 *ч* после укладки бетона водовоздушной форсункой или пневмоскребком, зимой — приводными щетками или шарошкой после достижения бетоном прочности 5 *Мн/м²* (50 *кгс/см²*). Цель обработки — удаление цементной пленки. Затем наносят слой цементного раствора состава 1 : 3, на который укладывают бетонную смесь.

§ 4. ОСОБЕННОСТИ БЕТОНИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Массивные бетонные и малоармированные конструкции — мостовые опоры, подпорные стены, толстые фундаментные плиты, фундаменты под оборудование — выполняют из жестких смесей. В ППР указывается разбивка массива на блоки бетонирования, размеры и форму которых устанавливают так, чтобы максимально снизить вредное влияние температурных деформаций, вызываемых повышением температуры бетона при его твердении. Замыкающий блок бетонируют после усадки и охлаждения смыкаемых блоков.

Укладку смеси в блоке и уплотнение ее глубинными вибраторами ведут горизонтальными слоями одинаковой толщины без перерывов и в одном направлении (рис. VII.26,*а*). Толщину слоя бетонирования принимают, исходя из следующих условий. Промежуток времени t зависит от промежутка времени между затворением и началом схватывания цемента t_1 и от продолжительности транспортирования и укладки первой порции бетонной смеси t_2:

$$t = t_1 - t_2. \qquad \text{(VII.7)}$$

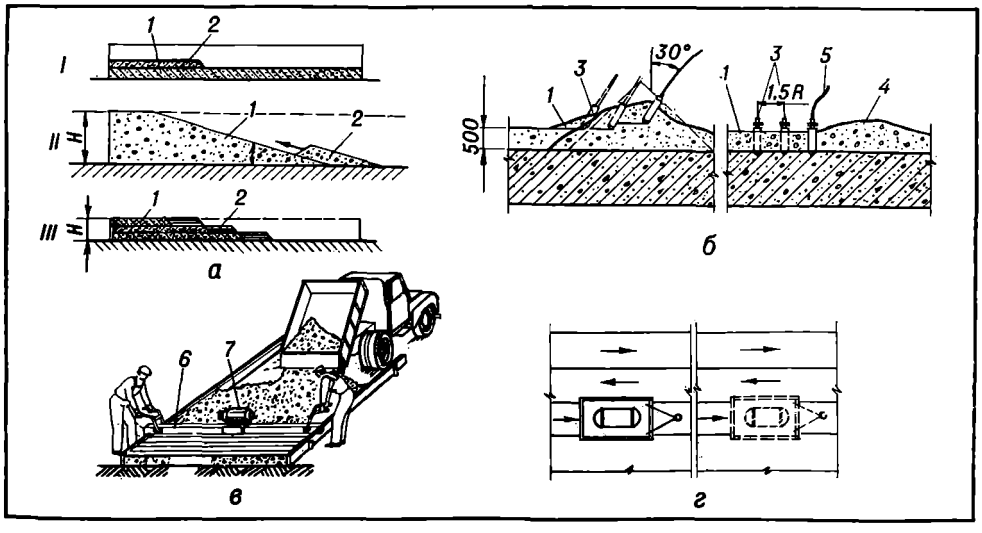


Рис. VII. 26. Способы распределения и уплотнения бетонной смеси:

а — бетонирование горизонтальными слоями (I), наклонными слоями (II) и ступенями (III); *б* — рабочее положение глубинных вибраторов при разравнивании и уплотнении бетонной смеси; *в* — разравнивание и уплотнение вибробрусом; *г* — то же, поверхностным вибратором; *1* — уложенный бетон; *2* — новый слой смеси; *3* — глубинные вибраторы; *4* — конус смеси до вибрирования; *5* — гибкий вал; *6* — вибробрус; *7* — вибратор; *R* — радиус действия вибратора — не более 1,5 *м*.

Величину t_1 (обычно в пределах от 1 до 2 *ч*) устанавливает строительная лаборатория. Тогда толщину укладываемого слоя можно определить из выражения

$$h = \frac{Qt}{F} \text{ см}, \qquad \text{(VII.8)}$$

где Q — интенсивность подачи бетона, $м^3/ч$; F — площадь блока, $м^2$.

Если заданы интенсивность подачи бетона и характеристики вибраторов, то, пользуясь формулой (VII.8), устанавливают размеры блока в плане, обычно не превышающие 60 $м^2$. Высоту блока H ограничивают 4,5 *м*. Верхний слой в промежуточных блоках оставляют шероховатым для лучшего сцепления блоков между собой. Выходной слой в верхнем блоке уплотняют и заглаживают поверхностными вибраторами.

Перерывы при укладке смеси *в блоки фундаментов под оборудование*, воспринимающих динамические нагрузки, не допускаются. Конус, образующийся при порционной подаче бетонной смеси, разравнивают вибраторами до получения равномерного слоя. Вибратор погружают в конус бетонной смеси вертикально или с наклоном до 30° (рис. VII.26,*б*) и перемещают в таком положении в сторону пониженной части слоя. Бетонную смесь, подаваемую непрерывно, разравнивают и уплотняют вибраторами последовательно по мере подачи со скоростью, обеспечивающей равномерное уплотнение всего слоя. Вибратор погружают в слой бетона так, чтобы рабочий наконечник заходил в ранее уложенный, но еще не начавший схватываться бетон на глубину 5—10 *см*. Расстояние перестановки вибраторов в зависимости от жесткости бетонной смеси принимают 30—40 *см* для вибраторов с гибким валом и 35—50 *см* для вибробулав.

Если смесь подают поворотными ковшами-бадьями, их разгружают в середине бетонируемого участка. Смесь распределяют и уплотняют пакетными вибраторами, подвешиваемыми к крюку крана.

При возведении *массивных малоармированных конструкций* в бетонную смесь в процессе укладки втапливают камни («изюм») крупностью более 150 *мм*, но не более $^1/_3$ наименьшего размера конструкции. Камень подают в контейнерах и равномерно размещают по площади блока, отступая на 300 *мм* от опалубки. Для уплотнения смеси применяют глубинные вибраторы с диаметром вибронаконечника до 200 *мм*.

Неармированные конструкции возводят также из камнебетона. Бетонную смесь с осадкой конуса до 4 *см* укладывают слоем 300 *мм*. На смесь из контейнеров или кузовов автосамосвалов набрасывают слой камня крупностью от 120 до 500 *мм*. На уложенный слой ставят решетчатую площадку мощного подвесного вибратора и подвергают вибрации на протяжении 60—120 *сек*. В результате камень погружается в бетонную смесь.

Ступенчатые фундаменты под колонны бетонируют в четыре этапа. Сначала бетонируют подушку основания; затем устанавливают арматурный каркас, блок опалубки и укладывают смесь в нижние ступени фундамента; после этого бетонируют подколонник до гнездообразователя стакана или низа анкерных болтов (для металлической колонны); установив гнездообразователи или анкерные болты, бетонируют верх фундамента.

Бетонную смесь укладывают слоями толщиной 30—35 *см* и уплотняют глубинными вибраторами с наконечниками, выбираемыми в зависимости от степени армирования. В углах и у стен опалубки смесь подвергают штыкованию.

Колонны *без перекрещивающихся хомутов* бетонируют участками высотой 5 *м*. Бетонную смесь подают сверху из бадьи через воронку и уплотняют глубинными вибраторами. При бетонировании колонн большой высоты делают разбивку на ярусы бетонирования. Последующий ярус по высоте бетонируют после достижения бетоном предыдущего яруса прочности 1,5 $Мн/м^2$ (15 $кгс/см^2$) и устройства рабочего шва.

Колонны *с густым армированием и перекрещивающимися хомутами*, а также имеющие стороны менее 0,4 *м* бетонируют без перерывов на высоту не более 2 *м*. Смесь подают звеньевыми хоботами через отверстия — «карманы», устраиваемые в боковых стенках опалубки.

В нижнюю часть опалубки колонны рекомендуется уложить слой пластичного цементного раствора состава 1 2 — 1 3 толщиной 10—20 *см*, чтобы обеспечить лучшее сцепление с ранее уложенным бетоном.

Рамные конструкции следует бетонировать без перерывов. Если это сделать не удается, стойки рамы бетонируют на высоту до рабочего шва.

К бетонированию **балок и плит перекрытий**, монолитно связанных с колоннами и стенами, приступают через 2 *ч* после бетонирования вертикальных конструкций, чтобы бетон, уложенный в них, успел дать первоначальную осадку. Балки и прогоны высотой менее 800 *мм* бетонируют слоями по 35—40 *см* одновременно с плитами. При большей высоте балок их бетонируют раздельно, устраивая по высоте рабочий шов.

Бетонную смесь в балках уплотняют глубинными вибраторами с гибким валом, а в плитах — вибробрусами и поверхностными вибраторами (рис. VII, 26,*в*,*г*). Рабочий устанавливает поверхностный вибратор в исходное положение (рис. VII.26,*г*), включает двигатель и крючком передвигает вибратор до конца захватки, затем перемещает его перпендикулярно к следу на расстояние 300—400 *мм* и передвигает параллельно пройденной полосе в обратном направлении, перекрывая предыдущую полосу на 3—5 *см*. Толщина слоев бетонной смеси при укладке ее в плиты с двойным армированием не должна превышать 120 *мм*, а в плиты с одиночным армированием или бетонные — 250 *мм*. Плиты перекрытия бетонируют в направлении второстепенных балок.

В арки и своды бетонную смесь укладывают в соответствии с указаниями ППР. Своды большой протяженности делят на ограниченные по длине участки бетонирования рабочими швами, расположенными перпендикулярно к образующей свода. Бетон укладывают в огражденные участки симметрично, двигаясь от пят к замку, чтобы обеспечить сохранность формы опалубки. Массивные арки и своды пролетом более 15 *м* бетонируют полосами, параллельными продольной оси свода и расположенными симметрично относительно его шелыги. В оставшиеся между полосами промежутки через 5—7 дней укладывают жесткую бетонную смесь и уплотняют ее глубинными вибраторами. Последним бетонируют клин-замок, расположенный в центре свода.

Стены, перегородки и диафрагмы жесткости толщиной более 15 *см* бетонируют, подавая бетонную смесь сверху через воронки и хоботы непрерывно на высоту 3 *м*. Укладку ведут слоями, равными 0,8—0,85 длины рабочей части наконечника вибратора. Стены толщиной менее 15 *см* бетонируют в высоту до 2 *м*. При большей высоте стены для удобства армирования и укладки бетонной смеси устанавливают опалубку с одной стороны на высоту яруса, затем монтируют арматуру и устанавливают вторую сторону опалубки. Бетонную смесь подают сверху и равномерно ее распределяют. Стенки резервуаров рекомендуется бетонировать по высоте и периметру без перерывов. Стыкуют бетон стенок и днища в местах, предусмотренных проектом.

Подстилающий бетонный слой под полы и другие **плитные конструкции** устраивают полосами шириной 3—4 *м* через одну, уплотняя смесь виброрейками или бетоноукладочными машинами.

Глава 7

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. СООРУЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СКОЛЬЗЯЩЕЙ ОПАЛУБКЕ

В скользящей опалубке возводят стены рабочих башен элеваторов и силосов, надшахтные копры, водонапорные башни, дымовые трубы, а также многоэтажные здания. Особенностью зданий и сооружений, строящихся в скользящей опалубке, является простая форма плана, которая сохраняется по всей высоте. Толщина стен этих сооружений (не

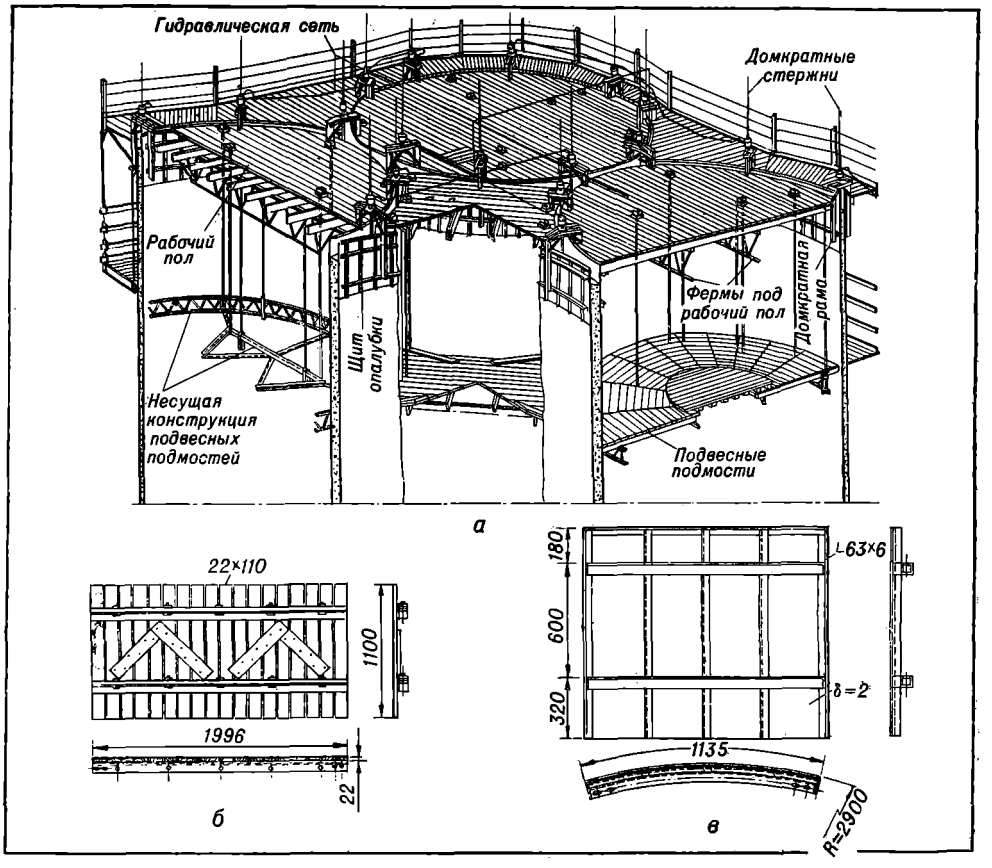


Рис. VII.27. Скользящая опалубка:
а — общий вид скользящей опалубки силосного корпуса; *б* — щит плоский деревометаллический; *в* — щит криволинейный металлический.

менее 140 *мм*) остается постоянной на всю высоту или меняется не более одного раза.

Комплексный процесс возведения конструкций в скользящей опалубке отличается тщательно выверенной технологией работ, производимых поточно-скоростным методом.

Скользящую опалубку (рис. VII. 27,*а*) собирают на фундаментной плите или перекрытии цокольного этажа из щитов, устанавливаемых сразу по всему наружному и внутреннему контуру будущего сооружения. Щиты с помощью кружал крепят с некоторой конусностью к П-образным домкратным рамам. На рамах монтируют домкраты, имеющие в штоках каналы для пропуска стальных стержней, служащих им опорами.

В опалубку устанавливают арматуру, затем укладывают бетонную смесь, уплотняют ее и начинают подъем опалубки. Домкраты, опираясь на стальные стержни, приподнимают опалубку по всему контуру сооружения на некоторую заданную высоту. Благодаря конусной форме опалубка относительно легко скользит по еще влажному бетону. По мере подъема опалубки стержни наращивают, и они образуют опорные стойки, размещенные в теле бетона. Выходящие из опалубки стены отделывают и обеспечивают уход за уложенным бетоном. Все эти процессы выполняются циклично, в заданном темпе и в непрерывной

последовательности (обычно в две-три смены). По мере возведения отдельных частей сооружения до проектных отметок демонтируют оборудование.

Комплекты инвентарной скользящей опалубки изготовляют в мастерских, маркируют и доставляют на строительную площадку. Комплект состоит из крупнощитовых или мелкощитовых стенок высотой 1,1—1,2 *м*, домкратных рам, рабочего пола, козырька по наружному контуру и подмостей, домкратов, насосных станций, гидравлической или электрической разводящей системы, щитов управления и контрольной системы.

Деревометаллические щиты (рис. VII.27,*б*) делают из клепок, прибитых к рейкам, которые крепят к кружалам из уголков так, чтобы зазор между клепкой и верхним кружалом-уголком был на 3 *мм* больше зазора у нижнего кружала. Верхние кружала ставят по отвесу над нижними. Ввиду разницы в ширине зазора образуется конусность, равная в средней части опалубки проектному расстоянию между щитами, а в нижней — превышающая ее на 4—6 *мм* в каждую сторону. Для обшивки применяют также водостойкую фанеру и листы стеклопластика.

Щит металлической опалубки изготовляют из листовой стали толщиной 1,5—2 *мм*, приваренной к уголкам ребер жесткости и обрамления. Кружала крепят к ребрам жесткости (рис. VII.27,*в*).

Опалубку монтируют в такой последовательности. Очистив основание, на нем наносят положение опалубки и размещение домкратных рам. Сначала по нанесенному краской контуру и осям обноски собирают внутренние стенки опалубки. После закрепления их кружалами и установки арматуры собирают наружные стенки опалубки и временно их фиксируют. Шаблонами проверяют конусность стенок опалубки и заданную толщину ее средней части. При этом допускаются следующие отклонения: в расстоянии между стенками опалубки ± 3 *мм*, в смещении осей стенок от проектных ± 18 *мм*, осей домкратов от оси стены ± 2 *мм*, в отметке ригелей домкратных рам ± 10 *мм*. Конусность в обратную сторону не допускается.

Домкратные рамы (рис. VII.28,*а*) фиксируют положение стенок опалубки, образуя единую жесткую конструкцию. Они воспринимают горизонтальные усилия от укладываемой в опалубку бетонной смеси и вертикальные — от домкратов при подъеме опалубки. Домкратные рамы устанавливают перпендикулярно к стенкам и так, чтобы домкрат находился по оси стены.

Затем монтируют балки, рабочий пол и подвесные подмости.

Опалубку поднимают системой гидравлических или электромеханических (шагающих) домкратов.

Гидравлические домкраты (рис. VII.28,*а*,*б*) устанавливают вертикально и крепят болтами к домкратным рамам. По оси домкрата подвешивают защитную трубку. По окончании монтажа гидросетей и их опрессовки под давлением 5 $Мн/м^2$ (50 $кгс/см^2$) устанавливают домкратный стержень диаметром 25 *мм*. Торцы стержней обрабатывают под универсальный стык, обеспечивающий опору для первого стержня и винтовое соединение последующих, что позволяет извлечь всю колонну стержней при демонтаже, предохраненную от сцепления с бетоном защитной трубкой.

Гидравлический домкрат ОГД-64У (рис. VII.28,*б*) работает так. В верхнюю рабочую полость цилиндра нагнетают масло. Поршень, связанный с нижним зажимным устройством, остается при этом неподвижным, а цилиндр под давлением жидкости поднимается вверх и тянет за собой верхнее зажимное устройство, которое автоматически отключается от домкратного стержня и через фланец поднимает раму и соединенную с ней опалубку. При снятии давления поршень пружиной поднимается вверх, нижнее зажимное устройство автоматически расклинивается и скользит по домкратному стержню. В это время верхний зажим заклинивает стержень и домкрат остается неподвижным вместе с рамой и опалубкой. При следующем нагнетании масла цикл подъема опалубки повторяется на высоту от 20 до 30 *мм*.

Для выравнивания положения опалубки в комплекте с домкратом работает автоматический регулятор гори-

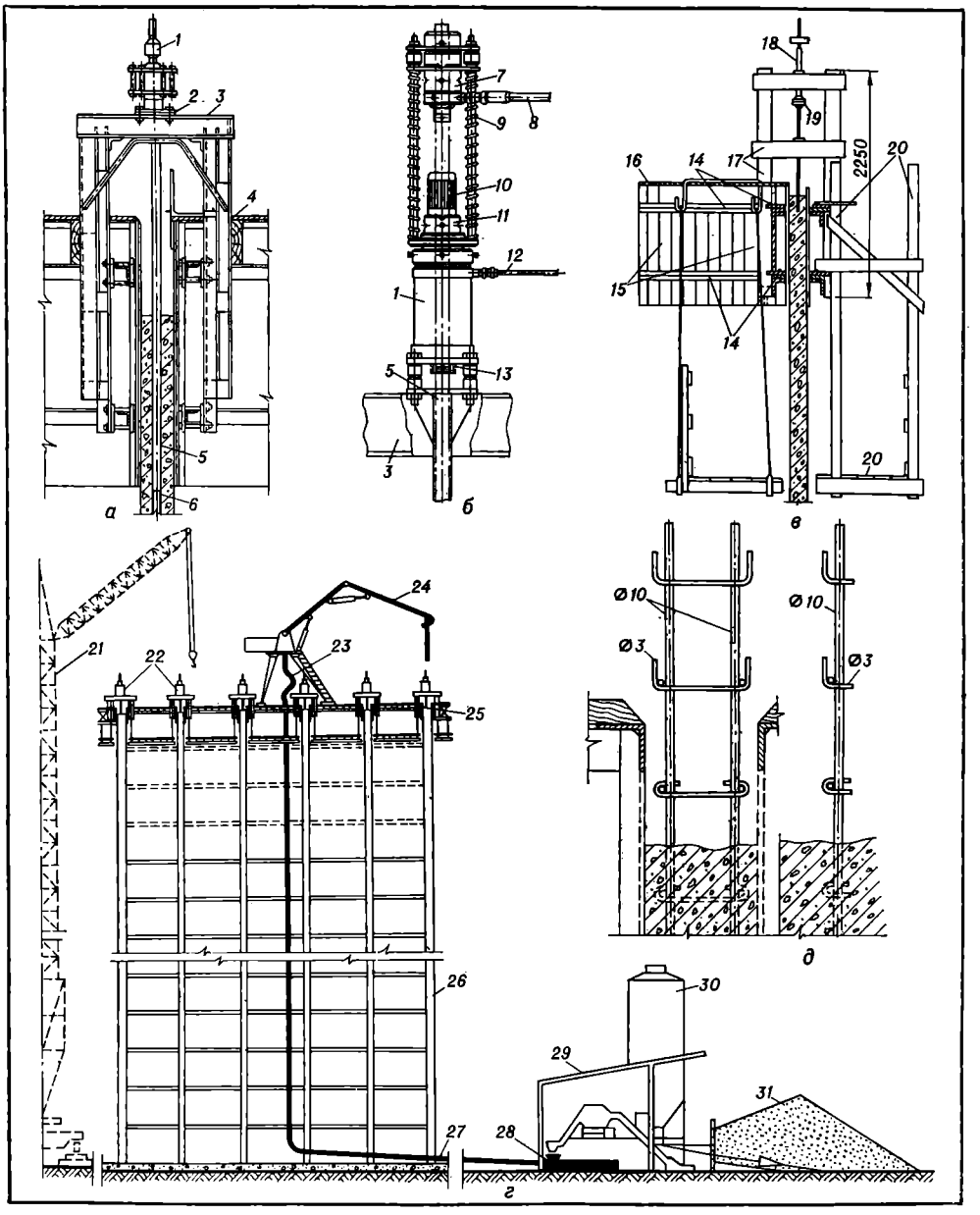


Рис. VII.28. Детали устройства скользящей опалубки и схема рабочих процессов:

а — стальная домкратная рама; *б* — гидравлический домкрат; *в* — схема устройства деревянной опалубки и установки ручного домкрата; *г* — схема бетонирования здания с применением бетононасоса и манипулятора с гидроприводами; *д* — лесенки для закрепления горизонтальной арматуры: *1* — гидравлический домкрат; *2* — фланец; *3* — домкратная рама; *4* — рабочий пол; *5* — защитная трубка; *6* — домкратный стержень; *7* — зажим регулятора горизонтальности; *8* — шланг; *9* — возвратная пружина; *10* — буферное устройство домкрата; *11* — фиксирующий (верхний) зажим домкрата; *12* — трубка питания домкрата; *13* — нижний зажим; *14* — кружала; *15* — клепки щитов; *16* — рабочий настил; *17* — стойки и поперечины домкратной рамы; *18* — ручной домкрат; *19* — букса; *20* — подмости; *21* — башенный кран; *22* — домкраты; *23* — бетоновод-компенсатор; *24* — манипулятор с шарнирно-сочлененной стрелой; *25* — скользящая опалубка; *26* — здание; *27* — стальной бетоновод; *28* — бетононасос СБ-95 с гидроприводом; *29* — бетоносмесительная установка; *30* — склад цемента; *31* — склад заполнителей.

зонтальности. Гидравлический зажим регулятора поддерживает заданный по программе горизонт. При достижении его верхнее фиксирующее зажимное устройство отключается и домкрат при последующих нагнетаниях рабочей жидкости осуществляет «шаг на месте». Переход на новый горизонт выполняется по команде с насосной станции вследствие автоматического расклинивания гидравлического зажима и одновременного перемещения его вверх по домкратному стержню с помощью возвратных пружин.

Для привода гидравлических домкратов применяют насосные станции с автоматическим и полуавтоматическим управлением, допускающим групповое и одиночное отключение домкратов.

На рабочий пол арматуру, домкратные стержни, бетонную смесь и другие грузы поднимают башенными кранами. Для подачи бетонной смеси применяют также современные бетононасосы с гидроприводом. В ЦНИИОМТП Госстроя СССР разработан манипулятор, позволяющий подавать бетонную смесь по всему контуру здания (рис. VII.28,*г*).

Арматуру стен в виде пространственных или плоских каркасов, а также отдельных стержней и сеток устанавливают непрерывно по ходу бетонирования. За этой ответственной работой обязаны следить мастер и дежурный арматурщик, которые должны обеспечить фиксацию арматуры в проектном положении и установку прокладок для соблюдения толщины защитного слоя с внутренней и наружной сторон. Горизонтальную арматуру укладывают на поперечины лесенок и загибают ее концы (рис. VII.28,*д*). Верхний ряд арматуры должен всегда находиться выше уровня уложенного бетона.

Бетонную смесь марки не ниже 200 на портландцементе марки 400 и выше (начало схватывания не ранее 3 *ч*, конец — не позже 6 *ч*) готовят на щебне или гравии крупностью от 20 *мм*, но не более 1/6 поперечного сечения конструкции, песке с модулем крупности не менее 1/5 при В/Ц = 0,50÷0,55. Осадка конуса при уплотнении вибраторами 7—8 *см* и вручную до 12 *см*. Транспортируют бетонную смесь по рабочему полу в тачках-контейнерах, подают в опалубку через воронку и распределяют слой по фронту укладки.

Первый слой толщиной 300—350 *мм* укладывают по всему контуру опалубки, второй после полного уплотнения первого также по всему контуру. Укладку ведут в темпе, обеспечивающем заполнение опалубки на высоту 700 *мм* в течение 3—3,5 *ч*. После этого начинают отрыв и пробный подъем опалубки и, если при этом не наблюдается срывов бетона и он не оплывает, продолжают заполнять опалубку слоями смеси по 200—250 *мм* до полной высоты, одновременно поднимая ее со скоростью не более 60 *мм/ч*.

При установившейся скорости подъема опалубки (обычно от 80 до 350 *мм/ч*) бетонную смесь укладывают непрерывно слоями толщиной не более 250 *мм* по всему периметру сооружения. Верхний уровень укладываемой смеси должен быть ниже рабочего пола не более чем на 5 *см*. Бетонную смесь немедленно уплотняют вибраторами с гибким валом и вибронаконечниками диаметром 36—51 *мм*. Продолжительность вибрирования при осадке конуса до 8 *см* — около 40 *сек*. Шаг перестановки вибраторов не более полуторного радиуса их действия. Более пластичную бетонную смесь следует уплотнять вручную.

При помощи ручных винтовых домкратов (рис. VII.28,*в*) подъем производят синхронно, плавно, без рывков, начиная и заканчивая его одновременно на всех группах домкратов (обычно один рабочий-крутильщик обслуживает 6—8 домкратов). В обеденный перерыв и между сменами дежурные слесари продолжают подъем с замедленной скоростью до появления видимого зазора между опалубкой и бетоном.

Домкратные стержни, оставшиеся не заделанными в бетон, например на участке оконного проема, раскрепляют по высоте через каждые 50 *см* к стойкам, расшитым схватками.

Опалубку периодически очищают с помощью скребков, тщательно убирая мусор. С подвесных подмостей

контролируют качество бетона, выходящего из опалубки. Дефекты устраняют и затирают поверхность бетона цементно-песчаным раствором состава 1 : 2. К опалубке крепят брезент для предохранения свежего бетона от пересыхания и с помощью кольцевого трубопровода регулярно поливают его водой.

В ходе работ ведут контроль за вертикальностью сооружения и горизонтальностью опалубки. Горизонтальность проверяют непрерывно, а вертикальность не реже одного раза в смену.

Способ возведения сооружений в скользящей опалубке не лишен недостатков. Так, толщина стен в верхних частях сооружений получается больше, чем надо по расчету. Домкратные стержни часто оставляют в теле бетона, поскольку их трудно извлекать, и в результате получается перерасход бетона и стали. К тому же приходится в стесненных условиях укладывать арматуру отдельными стержнями.

Кроме того, в зимних условиях использовать скользящую опалубку не всегда целесообразно, так как трудно обеспечить оптимальную скорость возведения сооружений (не менее 11 *см/ч*, т. е. 2,5 *м* в сутки) и непрерывность бетонирования.

Отмеченные недостатки не могут, однако, служить причиной для отказа от применения скользящей опалубки. В каждом случае решение нужно обосновать технико-экономическим расчетом.

Горизонтально-скользящая опалубка применяется для бетонирования стен линейно-протяженных сооружений, а также резервуаров высотой до 6 *м*. Для этой цели используют специальный агрегат, движущийся по рельсам и обеспечивающий скольжение прямолинейных или изогнутых щитов горизонтально по ярусам бетонирования, а затем последующую их перестановку на новый ярус (полосу бетонирования).

§ 2. СООРУЖЕНИЕ ВЫСОКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПОДЪЕМНО-ПЕРЕСТАВНОЙ И ОБЪЕМНО-ПЕРЕСТАВНОЙ ОПАЛУБКЕ

В инвентарной подъемно-переставной опалубке возводят железобетонные дымовые трубы, телевизионные и другие башни, а также оболочки градирен гиперболического очертания. Такая опалубка входит в комплект оборудования, обеспечивающего ее цикличный подъем, подачу арматуры и бетонной смеси.

Технологический процесс развивается в такой последовательности. На подготовленном фундаменте монтируют подъемник с рабочей площадкой. Конструкция подъемника позволяет периодически наращивать его сверху или подращивать снизу. К рабочей площадке крепится комплект переставной наружной и внутренней опалубки. После каждого цикла установки арматуры и укладки бетонной смеси поднимают рабочую площадку и переставляют опалубку, конструкция которой предусматривает получение сооружения заданной формы.

Для возведения *стволов конических дымовых труб*, высота которых достигает 120—250 *м*, применяют комплект оборудования, состоящий из шахтного подъемника (рис. VII.29,*а*), собираемого из 2,5-метровых трубчатых секций. В подъемнике размещены грузопассажирские лифты, лестницы, тросы для лебедок и главный отвес для центровки опалубки. Подъемная головка грузоподъемностью 25 и 50 *т*, устанавливаемая на подъемнике, при перестановке опалубки на следующий ярус поднимается со скоростью до 3 *мм/сек*. Рабочий шаг подъема 2,5 *м*.

К каркасу головки подвешены опалубка, рабочая площадка с бункером для приема бетонной смеси и подвесные леса. Опалубка состоит из наружной и внутренней конических оболочек, собираемых из стальных щитов так, что по мере возведения трубы можно уменьшать расстояние между оболочками и длину окружности каждой из них. Для этого применяют наружные трапециевидные и прямоугольные щиты (рис. VII. 29,*б*) длиной 270 *см* из стали толщиной 2 *мм*, которые по мере уменьшения диаметра трубы снимают.

Внутреннюю опалубку собирают из щитов (рис. VII.29,*в*), устанавливаемых в три яруса. Щиты нижнего яруса снимают и переставляют вручную после окончания бетонирования верхнего яруса. Наружную опалубку подвешивают

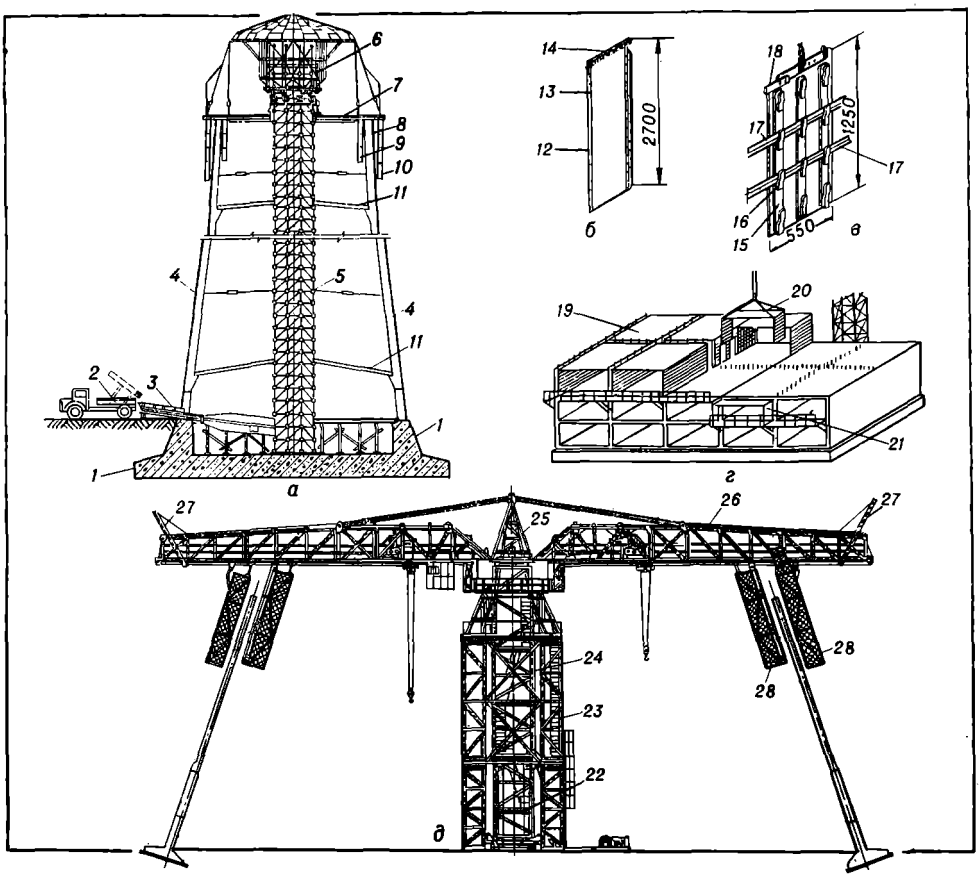


Рис. VII.29. Схемы возведения трубы и оболочки градирни в подъемно-переставной опалубке и здания в объемно-переставной опалубке:

а — шахтный подъемник с подъемной головкой грузоподъемностью 50 *т*; *б* — щит наружной опалубки; *в* — щит внутренней опалубки; *г* — схема установки объемно-переставной опалубки; *д* — двухконсольный кран для возведения оболочки градирни высотой до 55 *м*; *1* — фундамент; *2* — автобетоновоз; *3* — вибропитатель; *4* — ствол трубы; *5* — шахтный подъемник; *6* — подъемная головка; *7* — рабочая площадка; *8* — наружная опалубка; *9* — внутренние подвесные леса; *10* — наружные подвесные леса; *11* — защитные перекрытия; *12* — уголок обрамления; *13* — стальной лист; *14* — планка для подвески щита; *15* — вертикальные планки; *16* — скобы; *17* — распорные стержни; *18* — соединительные планки; *19* — смонтированные туннели опалубки; *20* — монтируемая секция опалубки; *21* — секция опалубки, выкатанная на монтажные подмости; *22* — башня агрегата; *23* — опорная рама; *24* — подъемник; *25* — поворотная головка; *26* — стрела; *27* — вспомогательные стрелы; *28* — подвесные люльки.

к несущему кольцу с меняющимся диаметром. Ствол трубы на высоту секции (2,5 *м*) бетонируют ярусами по 1,25 *м*.

Цикл бетонирования состоит из операций по наращиванию подъемника и отрыву опалубки, перестановки щитов наружной опалубки, обработки рабочего шва, установки арматуры и первого яруса внутренней опалубки, укладки бетонной смеси, установки второго яруса внутренней опалубки, укладки в нее бетонной смеси и выдерживания бетона. Бетонную смесь подают из подъемника в приемный бункер, затем в подвижный бункер бетоноукладчика и оттуда по хоботу в опалубку. Уплотняют бетонную смесь глубинными вибраторами с гибким валом.

Железобетонные оболочки градирен возводят при помощи агрегата, несущего подъемно-переставную опалубку на стрелах, вращающихся на поворотной головке решетчатой башни (рис. VII.29,*д*). Работы ведутся с люлек, подвешенных к концам стрел. После монтажа арматуры устанавливают щиты опалубки пер-

вого яруса. Бетонную смесь загружают в вибробадью, поднимают тельфером и подают на верхнюю площадку люльки. Укладывают смесь слоями толщиной 30—35 *см* и уплотняют вибраторами.

Бетонирование ведется параллельно на двух противоположных захватках. Средняя скорость возведения оболочки— около 1 *м* в сутки.

В ЦНИИОМТП Госстроя СССР разработана конструкция подъемно-переставной мелкощитовой опалубки, применение которой рентабельно при возведении сооружений точечного типа и ядер жесткости высотных жилых и гражданских зданий.

Объемно-переставную опалубку (рис. VII.29,*г*) применяют для возведения жилых и гражданских зданий высотой до 25 этажей. Основная секция опалубки для бетонирования стен и перекрытий имеет ширину 1,5, высоту 2,5—4 и переменный пролет от 2,4 до 6,2 *м* (см. рис. VII.2,*д*). Секция представляет собой П-образную стальную раму, состоящую из двух пар стоек с катками и горизонтальной фермы. Вертикальные щиты опалубки подвешены к стойкам с помощью шарнирных тяг, позволяющих домкратами перемещать щиты вверх и в сторону от стоек при установке их в рабочее положение и вниз и к стойкам при распалубливании. Горизонтальный щит, закрепленный на ферме, можно домкратами поднимать вверх и при распалубливании опускать вниз. Секции опираются на рельсы, уложенные по перекрытию.

Для ускорения твердения бетона применяют г р е ю щ у ю о п а л у б к у, оборудованную электрическими нагревателями (ТЭНами). Рекомендуется также применять подогретую до 60° С бетонную смесь.

Работы начинают с установки и выверки путей, затем краном устанавливают опалубку торцовых стен и основные секции опалубки. Переводя в рабочее положение и закрепив вертикальные и горизонтальные щиты, на их наружные поверхности наносят смазку и в том же порядке устанавливают последующие секции опалубки, соединяя их между собой. Краном монтируют крупноразмерные каркасы арматуры и вставки для образования проемов. После этого из секций собирают соседний тоннель опалубки и соединяют их стяжными болтами.

Величину захватки назначают с таким расчетом, чтобы в первую смену забетонировать прилегающие тоннели из секций площадью примерно 200 $м^2$, а во вторую и третью смены прогревать бетон для ускорения его твердения.

Укладку бетонной смеси (осадка конуса до 8 *см*) ведут равномерно по всей длине стены слоями 30—40 *см* и непрерывно на всю высоту. Уплотняют смесь глубинными вибраторами.

После достижения бетоном заданной прочности переводят в распалубочное положение верхние и боковые щиты и выкатывают секцию опалубки на консольные подмости (рис. VII.29,*г*). Секции можно извлекать также через технологические проемы, оставленные при бетонировании перекрытия, которые в последующем закрываются сборной железобетонной плитой. На новую позицию секции переставляют краном.

§ 3. ТОРКРЕТИРОВАНИЕ И НАБРЫЗГ-БЕТОН (ШПРИЦ-БЕТОН)

Процесс торкретирования состоит в нанесении на бетонируемую поверхность под давлением сжатого воздуха 0,15—0,2 $Мн/м^2$ (1,5—2 *ати*) слоев цементного раствора — т о р к р е т а или под давлением до 0,35 $Мн/м^2$ (3,5 *ати*) бетонной смеси — н а б р ы з г-б е т о н а.

Торкретированием создают наружный водонепроницаемый слой в резервуарах и гидротехнических сооружениях, бетонируют армированные тонкостенные купола, изготовляют матрицы для сложных сборных конструкций; устраняют дефекты бетонирования (раковины, каверны и др.), ремонтируют старые и начавшие корродировать поверхности железобетонных сооружений и т. п.

Торкретная установка (рис. VII.30) включает цемент-пушку или имеющую некоторые отличия бетоншприц-машину, компрессор, создающий давление 0,6 $Мн/м^2$ (6 *ати*), воздухоочиститель, водяной бак, рабочие шланги и форсунку.

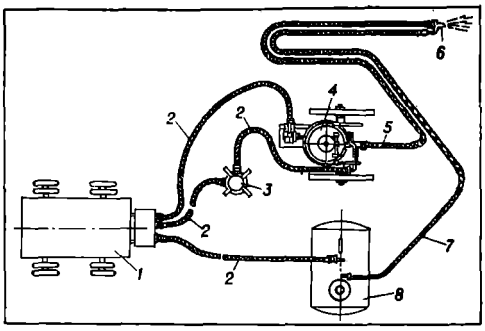


Рис. VII.30. Схема расположения оборудования торкретной установки:

1 — компрессор; *2* — воздушные шланги; *3* — водомаслоотделитель; *4* — цемент-пушка; *5* — материальный шланг; *6* — форсунка; *7* — шланг для подачи воды; *8* — водяной бак.

Для приготовления сухих смесей применяют смесители принудительного действия. Сухая смесь подается в шлюзовую камеру цемент-пушки, пропускается в рабочую камеру, откуда сжатый воздух выдавливает смесь по резиновому шлангу на 70—200 *м* по горизонтали к форсунке. Вода под давлением, на 0,05—0,15 *Мн/м*^{2} (0,5—1,5 *ати*) превышающем давление воздуха в машине, подается по шлангу к форсунке, где смачивает смесь. Струя увлажненной растворной или бетонной смеси в виде факела вылетает из форсунки со скоростью 120—140 *м/сек* и с большой силой набрызгивается на поверхность в один или в несколько слоев. Такая технология придает торкрет-бетону большую плотность, водонепроницаемость, повышенную морозостойкость и стойкость к агрессивным средам. Прочность на растяжение и сжатие бетона, нанесенного таким способом, увеличивается в два-три раза, повышается сцепление с арматурой.

Для приготовления растворной и бетонной смесей пригодны портландцементы марки 400 и выше (лучше быстротвердеющие или с добавлением ускорителей твердения); песок — двух фракций крупностью не менее 1—3 *мм* и не более 8 *мм* и влажностью до 8% (песок большей влажности подсушивают в пескосушилке); щебень или гравий — не менее трех фракций с зернами крупностью от 5 до 20 *мм*.

В установках для безопалубочного бетонирования так называемого пневмобетона применяется заполнитель крупностью до 25 *мм*. Ориентировочный состав растворной смеси 1 : 2, бетонной смеси 1 2 : 1,5 (по объему).

Подготовка поверхностей к торкретированию заключается в их механической очистке щетками или песком с помощью цемент-пушки и промывке струей воды. Дефекты бетонирования устраняют немедленно после распалубливания. При бетонировании тонкостенных конструкций проверяют надежность опалубки, закрепляют арматуру, чтобы предотвратить ее смещение при механическом воздействии торкретной струи.

Работы по торкретированию выполняет звено, состоящее из оператора и его помощника, бетонщика и моториста. Во время нанесения торкрета рабочий непрерывно перемещает форсунку, удерживая сопло перпендикулярно к бетонируемой поверхности на расстоянии 0,7—1 *м* при торкретировании и до 1,2 *м* при бетонировании. Раствор наносят слоями, не превышающими 25 *мм*, бетонную смесь при нанесении снизу вверх на горизонтальные поверхности — до 50 *мм*, а на вертикальные — слоем до 70 *мм*.

Наружную поверхность торкретного слоя отделывают сразу после нанесения (до его затвердения), укрывают брезентом и поливают водой.

Контроль заключается в испытании на сжатие кубиков и на водонепроницаемость — плиток, выпиленных из слоя торкрета, нанесенного на специальную форму.

§ 4. БЕТОНИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ВОДОЙ

Опоры мостов и линий электропередач, фундаменты и части стен набережных, водозаборные и другие санитарно-технические сооружения часто возводят непосредственно в открытом водоеме или у его берегов.

Особенность подводного бетонирования (без водоотлива) состоит в том, что бетонную смесь во время подачи и укладки ограждают от непосредственного контакта с водой и тем самым защищают от ее размывающего воздействия.

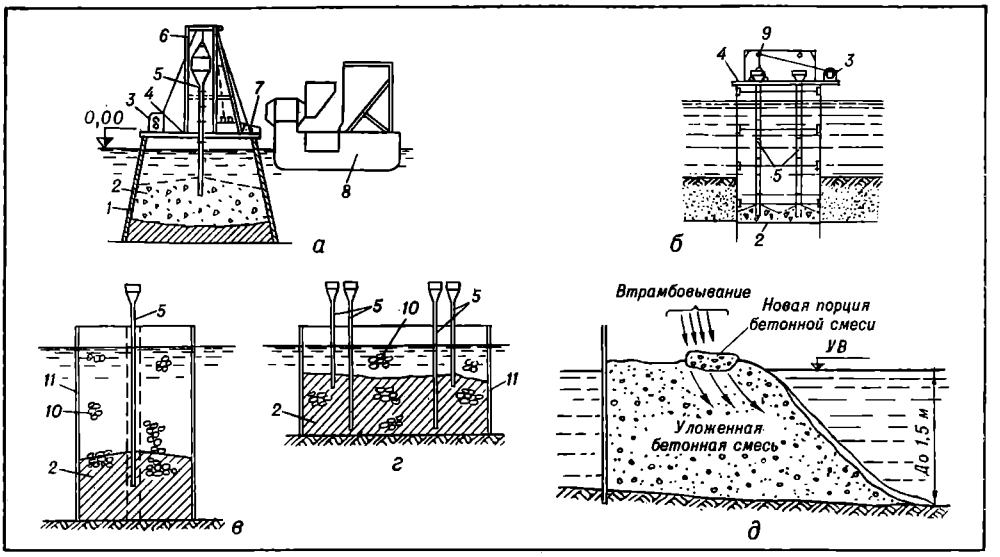


Рис. VII.31. Схемы подводного бетонирования и нагнетания раствора:

а — бетонирование методом ВПТ (комбинированное размещение оборудования); *б* — то же, с размещением оборудования на шпунтовом ограждении; *в* — бетонирование методом ВР с шахтой; *г* — то же, без шахты; *д* — бетонирование методом втрамбовывания бетонной смеси; *1* — бездонный железобетонный ящик; *2* — бетонируемый блок; *3* — лебедка; *4* — рабочая площадка; *5* — заливочные трубы с воронками; *6* — башенный подъемник; *7* — загрузочный ковш подъемника; *8* — плавучий бетонный завод; *9* — трос; *10* — крупный заполнитель; *11* — опалубка.

Метод вертикально перемещающейся трубы — ВПТ применяют для подводного бетонирования при глубинах до 50 *м*.

Участок водоема ограждают шпунтовой перемычкой либо опалубкой из железобетонных оболочек или ящиков (рис. VII.31, *а*, *б*), на которых размещают рабочую площадку с оборудованием. Оборудование можно размещать и на плавучих средствах — понтонах, баржах.

Бетонную смесь подают к месту укладки по трубе диаметром до 300 *мм*, собранной из звеньев с легкоразъемными соединениями. Трубу с воронкой подвешивают к траверсе и, когда это нужно, лебедкой поднимают для удаления очередного звена. Подвеска допускает быстрое опускание трубы на 30—40 *см*. (Это может понадобиться при бетонировании, чтобы предотвратить попадание бетонной смеси в воду). Большие сооружения разбивают на блоки, бетонируемые несколькими трубами.

При бетонировании **методом ВПТ с вибрацией** на нижнем звене трубы укрепляют вибратор мощностью более 1 *квт*.

Перед началом бетонирования в трубу вводят пакет из мешковины, затем через воронку подают бетонную смесь. Пакет, опускаясь до нижнего конца трубы, выжимает воду. Бетонную смесь с осадкой конуса 14—18 *см* подают до тех пор, пока, заполнив все пространство блока, ее верхняя поверхность не окажется выше конца трубы на 0,8—1,5 *м*. Не прекращая подачи бетона, трубу приподнимают, чтобы ее нижний конец все время был расположен на 1—1,5 *м* в уложенном бетоне. Приостановив подачу бетона, снимают верхнее звено, переставляют воронку и возобновляют бетонирование.

Интенсивность бетонирования I, $м^3/(м^2 \cdot ч)$, определяют из неравенства $I > r/(6k)$, где r — радиус действия трубы; k — показатель сохранения подвижности бетонной смеси.

Когда блок забетонирован выше уровня воды на 20—30 *см*, по достижении бетоном прочности 2,5 $Мн/м^2$ (25 $кгс/см^2$) размытую часть бетона удаляют и блок бетонируют до проектной отметки.

Метод восходящего раствора — ВР, или (что то же самое) **метод раздельного**

бетонирования, применяют при сооружении массивов и др.

Блок или стену резервуара, ограниченные опалубкой и снабженные подмостями с рабочей площадкой, перед бетонированием заполняют крупным заполнителем — камнем (размером до 400 *мм*) при глубине до 20 *м* или щебнем (крупностью от 40 до 150 *мм*) при глубине до 50 *м*.

Пустоты в каменной наброске заполняют раствором *безнапорным способом*. Для этого в средней части блока через каждые 5—6 *м* устанавливают металлические решетчатые шахты с заливочными трубами диаметром до 100 *мм* со съемными звеньями. Трубы заполняют цементным раствором через воронку. Растекаясь в нижней части блока, раствор постепенно поднимается и под воздействием своего веса отжимает воду и заполняет пустоты в каменной наброске (рис. VII.31,*в*, *г*). Превышение столба раствора в трубе над уровнем раствора в блоке должно быть не менее $h_р = 1{,}5 + 0{,}45H_в$, где $H_в$ — высота столба воды над уровнем раствора в блоке, *м*.

При заполнении блока щебнем его заливают цементным тестом, которое подают *под напором* (инъекционный способ), создаваемым растворонасосом. Заливочную трубу устанавливают без шахты, непосредственно в щебеночную засыпку. Раствор подают непрерывно, периодически укорачивая заливочную трубу (снимая очередное звено). Радиус действия трубы R при заливке раствором каменной наброски не должен превышать 3 *м*.

Укладку бетонной смеси в мешках применяют для выравнивания основания под блоки, устройства опалубки — ограждения блока бетонирования и т. п. Мешки из редкой ткани на $^2/_3$ заполняют бетонной смесью, завязывают и подают краном к месту работ. Водолазы укладывают мешки вперевязку, предварительно придав им постелистую форму.

На рис. VII.31,*д* показан **способ втрамбовывания бетонной смеси** в верхнюю часть возводимого массива.

§ 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПОСТРОЕЧНЫХ УСЛОВИЯХ

На строительных площадках сборно-монолитные составные балки собирают навесным способом из блоков, поставляемых заводами сборного железобетона. Арматуру, помещаемую в каналах балок, натягивают домкратами. Многопролетные неразрезные плиты перекрытий, обрамляющие элементы оболочек покрытий, балки эстакад, а также ограждения реакторов и другие крупные предварительно напряженные конструкции, армируемые канатами, прядями и т. п., возводят непосредственно на месте. Резервуары и силосы в процессе возведения армируют проволокой, навивая ее с натяжением специальными машинами.

Для натяжения пакетов из высокопрочной проволоки и заанкерования их в торцах конструкций клиновыми устройствами применяют *гидравлические домкраты двойного действия* (рис. VII.32,*а*). Они состоят из тянущего цилиндра и поршня. В теле поршня имеется второй цилиндр с поршнем для запрессовки клиновой пробки. Проволоки пучка закрепляют с помощью клиньев на тянущем цилиндре в кольце, имеющем прорези по числу проволок пучка (6—12 в малых домкратах и 18—24 в больших).

Гидравлические однопоршневые домкраты используют для натяжения стержневой арматуры с резьбовыми хвостовиками, прядевой арматуры с гильзо-стержневыми или гильзовыми анкерами и канатных арматурных элементов с гильзовыми анкерами. Домкрат (рис. VII.32,*б*) состоит из цилиндра с упорным наконечником, поршня со штоком и захватного устройства. Для привода гидродомкратов применяют передвижные масляные насосные станции, смонтированные на тележке, снабженной стрелой для подвешивания домкратов.

В стыки нижнего пояса балки устанавливают резиновые кольца, чтобы раствор, которым заделывают стыки, не проник в каналы для рабочей арматуры. После этого стыки поясов закрепляют в рабочем положении, приваривая стальные накладки. Проволочные пучки или пряди протягивают через ка-

н а л ы челноком, прикрепленным к тросу, идущему на лебедку (рис. VII. 32, *в*).

Проволоки до натяжения пучка равномерно размещают по конической поверхности анкерной колодки. После этого устанавливают домкрат и заклинивают проволоки в кольце тянущего цилиндра (рис. VII.32,*а*). Натяжение производят на первом этапе до вытяжки слабины, затем до проектного усилия с превышением его на 10%, чтобы компенсировать потери от проскальзывания проволок. Обычно пряди натягивают одновременно с двух сторон, работая двумя домкратами. Пустоты в каналах заполняют (инъецируют) цементным раствором, чтобы защитить арматуру от коррозии и обеспечить ее сцепление с бетоном конструкций.

До установки арматуры проверяют герметичность канала, для чего его заполняют водой. После этого канал продувают сжатым воздухом, удаляя остатки воды. К инъецированию приступают сразу после натяжения арматуры.

Раствор на цементе марок 400—500 и чистом песке готовят в растворосмесительной машине и подают растворона-

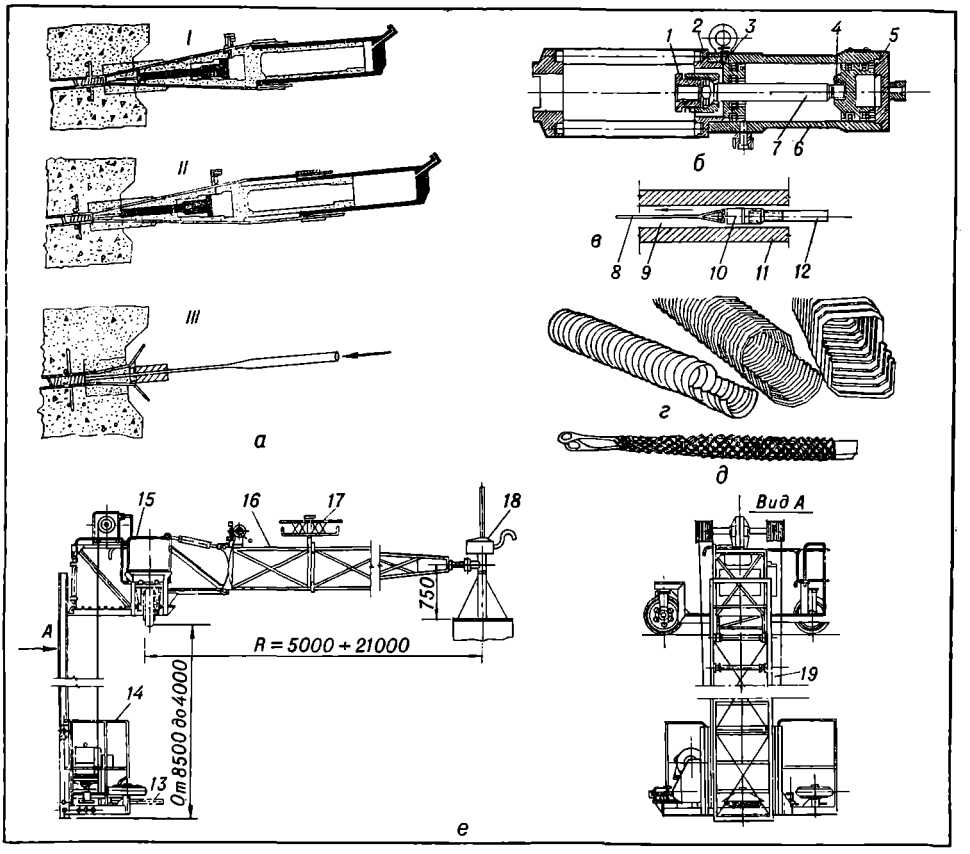


Рис. VII.32. Оборудование и приспособления для работ по возведению предварительно напряженных конструкций:

а — схема работы гидродомкрата двойного действия при натяжении проволочного пучка (*I* — закрепление на домкрате проволок пучка; *II* — натяжение проволок и запрессовка клиновой пробки; *III* — инъецирование раствора); *б* — гидравлический домкрат для натяжения стержневой арматуры; *в* — схема затягивания арматуры в каналы фермы; *г* — рифленые каналообразователи из стальной ленты; *д* — резиновый каналообразователь с петлей для его извлечения; *е* — навивочная машина АНМ-5; *1* — сменная гайка; *2* — упор; *3* — заглушка; *4* — поршень; *5* — крышка; *6* — цилиндр; *7* — шток; *8* — трос, идущий к лебедке; *9* — канал для арматуры; *10* — челнок; *11* — пояс балки; *12* — арматура; *13* — цепь; *14* — подвесная тележка; *15* — верхняя тележка; *16* — стрела; *17* — бухтодержатель; *18* — шпиль; *19* — рама.

сосами производительностью 1—3 *м³/ч* или пневмонагнетателем. Резиновый шланг от растворонасоса, снабженный соплом с краном, присоединяют к низшей точке канала (отверстию в анкерной пробке). Инъецирование ведут непрерывно под давлением 0,6—0,8 *Мн/м²* (6—8 *ати*) до тех пор, пока раствор не начнет вытекать с другой стороны канала.

При возведении монолитных предварительно напряженных конструкций непосредственно на месте применяют следующую схему работ. Установив опалубку, монтируют ненапрягаемую арматуру. Для образования каналов в бетоне, которые могут быть расположены горизонтально, вертикально и по параболическим кривым, устанавливают каналообразователи: металлические трубки из листовой стали толщиной 1—2 *мм*, привариваемые к опорным металлическим плитам анкеров, или рифленые диаметром от 30 до 170 *мм* (рис. VII.32,*г*), изготовленные из стальной ленты толщиной 0,2—0,3 *мм*. Применяют и извлекаемые каналообразователи (рис. VII.32,*д*) — резиновые канаты сплошного сечения с петлями на конце. Положение каналообразователей фиксируют специальными арматурными сетками.

В трубчатые или рифленые каналообразователи протаскивают арматурные элементы — канаты или пряди с гильзовыми наконечниками, имеющими резьбу, соответствующую резьбе головки домкрата (см. рис. VII.17, *г*). В каналы, образованные извлекаемыми каналообразователями, арматуру устанавливают после бетонирования и натягивают ее домкратами с усилием до 6 *Мн* (600 *тс*). Предварительно в лаборатории проверяют прочность затвердевшего бетона (она не должна быть ниже 80% проектной). Напрягаемые конструкции сначала обжимают, затем доводят усилие натяжения до проектного. Можно осуществлять натяжение в несколько стадий в соответствии с последовательностью загружения конструкций, а также регулировать деформации, частично погашать потери предварительного напряжения и т. д.

Заключительной операцией является инъецирование каналов.

В последнее время применяется способ, при котором устраивать каналы не надо и, следовательно, исключаются операции по их инъецированию. Арматурные канаты или стержни перед укладкой покрывают антикоррозионным составом, а затем фторопластом (тефлоном), имеющим почти нулевой коэффициент трения. При натяжении канат относительно легко скользит в теле бетона.

Непрерывную навивку высокопрочной проволоки на стены круглых резервуаров и силосов и одновременное ее натяжение осуществляют *арматурно-намоточными машинами* (рис. VII.32,*е*). Натяжение контролируют манометром. После окончания навивки и закрепления проволоки поверхность резервуара торкретируют.

§ 6. ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Из особо тяжелых бетонов с объемной массой от 2,5 до 5 *т/м³* строят массивные бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для защиты от вредных излучений. Наличие тяжелых заполнителей в бетонной смеси повышает ее расслаиваемость, поэтому при укладке нельзя сбрасывать смесь, ее надо подавать в бадьях с открывающимся днищем и укладывать горизонтальными слоями, уплотняя глубинными вибраторами. Длительность вибрации и толщину слоев укладки устанавливают лабораторным методом. В тонких конструкциях радиографом проверяют однородность бетона, а также количество связанной воды на каждые 10 *м³* бетона.

Жаростойкие бетонные смеси применяют для конструкций тепловых агрегатов. Бетонирование ведут в металлической опалубке, устанавливаемой с минимальными допусками. Швы в опалубке тщательно заделывают. Длительность транспортирования и укладка смесей на глиноземистых цементах не должна превышать 45 *мин*, смесей на других вяжущих — не более 1 *ч*.

Высокоогнеупорные смеси с нулевой осадкой конуса укладывают слоями по 50 *мм* и уплотняют пневматическими трамбовками. Затем поверхность взрых-

ляют на глубину до 10 *мм* и укладывают новый слой, не допуская перерыва более 1 *ч*.

Огнеупорные и жароупорные смеси с осадкой конуса до 2 *см* укладывают горизонтальными слоями толщиной, равной длине наконечника глубинного вибратора. Поверхностные вибраторы используют при укладке в конструкцию верхнего слоя смеси толщиной не более 200 *мм*.

По окончании бетонирования открытые поверхности свежеуложенного слоя укрывают. Увлажнение бетона на глиноземистом цементе начинают через 4 *ч* и продолжают на протяжении 48 *ч*; на портландцементе — через 12 *ч* и ведут не менее 6 суток. Бетоны на жидком стекле выдерживают в воздушносухих условиях. Температура окружающего воздуха не должна быть ниже +15° С (для бетонов на глиноземистом цементе +7° С), поэтому в зимних условиях рекомендуется вести работы в тепляках.

Готовые жаростойкие бетонные конструкции перед вводом в эксплуатацию надо подвергнуть сушке и предварительному разогреву в соответствии со специальными указаниями.

Кислотоупорные бетонные смеси, приготовляемые на жидком стекле, используют для футеровки и возведения специальных армированных конструкций. Транспортирование и укладка бетонной смеси не должны продолжаться более 40 *мин* после приготовления. Смесь укладывают слоями толщиной не более 150 *мм* и уплотняют глубинными или поверхностными вибраторами. При перерывах свыше 1 *ч* поверхность ранее уложенного бетона смачивают жидким стеклом. Работы можно вести при температуре не ниже +10° С (зимой — в тепляках). Бетон выдерживают в воздушносухих условиях не менее 10 дней.

Щелочестойкие бетоны применяют для устройства полов и специальных конструкций. Бетоны готовят на портландцементе. Состав смеси подбирают из нескольких фракций щебня и кварцевого песка, чтобы обеспечить максимальную плотность бетона. К транспортированию и укладке особых требований не предъявляют. Особенно тщательно производят виброуплотнение.

Глава 8

ВЫДЕРЖИВАНИЕ БЕТОНА И УХОД ЗА НИМ. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА. РАСПАЛУБЛИВАНИЕ И ОТДЕЛКА. ПРИЕМКА РАБОТ

§ 1. ВЫДЕРЖИВАНИЕ БЕТОНА И УХОД ЗА НИМ

Технологические операции по уходу за бетоном начинают сразу после его укладки. Открытую поверхность бетона прежде всего предохраняют от вредного воздействия прямых солнечных лучей, ветра и дождя. В сухую теплую погоду бетон на обычных портландцементах поливают в течение семи суток, на глиноземистых цементах — трое суток, а на шлакопортландцементах и других малоактивных цементах — не менее четырнадцати суток. При температуре выше +15° С в течение первых трех суток бетон поливают через каждые 3 *ч* днем и один раз ночью; в последующие дни — не реже трех раз в сутки. Если поверхность бетона предварительно была укрыта влагоемкими материалами (брезентом, матами, песком и др.), перерывы между поливками увеличивают в 1,5 раза. При средней температуре воздуха от +5 до 0° С бетон можно не поливать.

В жарком сухом климате, если не обеспечить благоприятных температурно-влажностных условий твердения, прочность бетона снижается на 15—40%, уменьшается также его морозостойкость, водо- и газонепроницаемость. Поэтому, кроме поливки, надо принимать дополнительные защитные меры. В начальный период ухода за бетоном не следует обильной поливкой сразу после укладки нарушать структуру твердеющего бетона. Опалубку, обращенную на южную

сторону, рекомендуется окрашивать в белый цвет или устанавливать защитные щиты (тенты). Поверхность свежеуложенного бетона целесообразно покрывать лаком этиноль, битумными эмульсиями или укрывать его поливинилхлоридными пленками, водонепроницаемой бумагой, брезентом и др. Применяют также выдерживание бетона под слоем воды (способ «покрывающих водных бассейнов»). Для этого опалубку устраивают с бортиком высотой 5 *см* и по окончании начального периода ухода заливают поверхность конструкции слоем воды толщиной 5 *см*.

В состав бригады бетонщиков входит звено, проводящее посменную поливку и другие операции по уходу за бетоном. Поливают брандспойтом с распылителем.

Установка опалубки и лесов для возведения вышележащих ярусов и движение людей по забетонированной конструкции допускаются, когда бетон достигнет прочности не менее 1,5 *Мн/м*^{3} (15 *кгс/см*^{2}).

§ 2. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА

Поступающую на стройку бетонную смесь проверяют на однородность, подвижность и соответствие заданной марке.

Для контроля прочности *фундаментов* изготовляют серию образцов по три образца-близнеца в виде кубов стандартных размеров на каждые 100 *м*^{3} бетона (но не менее одной серии на каждый блок), для *массивных конструкций* объемом 50 *м*^{3} и более — одну серию и при бетонировании *каркасных и тонкостенных конструкций* одну серию на каждые 20 *м*^{3} уложенного бетона.

При производстве работ в скользящей опалубке испытывают по три серии образцов на каждые 2 *м* высоты сооружения.

Прочность бетона во всех сериях в среднем не должна быть меньше 80% марочной. Если бетон не удовлетворяет требованиям, предусмотренным проектом, мероприятия по исправлению ошибок разрабатывают совместно с проектной организацией.

Для испытаний на водонепроницаемость серии образцов отбирают из каждых 500 *м*^{3} бетона.

Качество бетона без его разрушения контролируют механическими и физическими приборами. О прочности бетона при сжатии судят по величине следа (отпечатка), оставляемого бойком или шариком после удара о поверхность бетона, либо по величине упругого отскока ударника или молоточка. Точность испытаний составляет $\pm 15 \div 30\%$.

Ультразвуковые приборы дают возможность определить прочность бетона при сжатии (с погрешностью $\pm 25\%$) по скорости распространения ультразвуковых волн (скорости импульсов) в теле бетона, а *радиометрические приборы* (примерно с такой же точностью) — по степени проникающей радиации. *Радиоизотопную аппаратуру* используют для определения объемной массы бетона в готовом сооружении.

§ 3. РАСПАЛУБЛИВАНИЕ И ОТДЕЛКА ПОВЕРХНОСТИ БЕТОНА

Элементы инвентарной опалубки снимают в последовательности и в сроки, определяемые требованиями СНиП и проекта к прочности бетона в конструкции. Не следует задерживать распалубку: это сокращает оборачиваемость элементов опалубки.

Щиты фундаментов, боковые щиты колонн, стен, балок и ригелей снимают через 6—72 *ч*. Несущие элементы опалубки железобетонных конструкций при фактической нагрузке более 70% нормативной снимают только после достижения бетоном 100% проектной прочности.

Если нагрузка не превышает 70% нормативной, опалубку плит пролетом до 3 *м*, а также других несущих конструкций пролетом до 6 *м* снимают при 70% прочности бетона, а опалубку конструкций больших пролетов и конструкций с напрягаемой арматурой — при 80%. В сейсмических районах требуемую прочность бетона при распалубливании указывают в проекте.

Сроки достижения бетоном требуемой прочности устанавливают по данным испытаний контрольных образцов.

Ориентировочно сроки можно принимать по графикам и таблицам в зависимости от марки и вида примененного цемента и средней температуры твердения.

При разборке мелкощитовой опалубки применяют ломики-гвоздедеры. Опалубку из крупных щитов снимают кранами, снабженными коленчатыми рычагами.

В опалубке фундаментов и стен удаляют сначала проволочные стяжки, затем горизонтальные схватки и ребра, после чего отрывают щиты. Распалубливание колонн начинают с удаления рамки у основания и хомутов, вслед за которыми снимают щиты, а с плит перекрытий сначала удаляют подкружальные доски, кружала, затем снимают щиты. Опалубку балок разбирают так: снимают прижимные доски и боковые щиты, плавно опускают стойки, отрывают днища, затем удаляют расшивины между стойками и снимают сами стойки.

Стойки, поддерживающие опалубку днищ балок бетонируемого перекрытия, оставляют полностью. Под балками и прогонами нижележащего перекрытия оставляют стойки на расстоянии 4 *м* одна от другой и не менее 3 *м* от опор конструкции. Эти стойки удаляют, когда бетон достигнет проектной прочности. Раскружаливание купольных конструкций и воронок бункеров начинают со стенок, расположенных в центре конструкций и ведут концентрическими рядами по направлению к периметру. Своды арки, балки пролетом более 8 *м* распалубливают после опускания домкратов или ослабления клиньев под стойками распалубливаемого участка.

Подготовка опалубки к повторному применению заключается в очистке ее от налипшего бетона, извлечении гвоздей и ремонте поврежденных мест. (Надо следить, чтобы плотники при установке опалубки не забивали больше гвоздей, чем предусмотрено проектом монтажа). Металлические щиты смазывают со стороны, обращенной к бетону, минеральным маслом или другой смазкой, пользуясь распылителем или кистями.

После распалубливания, когда бетон еще достаточно свеж, надо исправить обнаруженные дефекты. Пустоты и раковины очищают от плохо уплотненного бетона, обрабатывают щетками или пескоструйным аппаратом, промывают водой и заделывают раствором (1 2). Каверны заделывают торкретированием.

Хорошо сконструированной опалубкой можно создать нарядную поверхность бетонной конструкции. Штукатурить бетонные поверхности не рекомендуется, так как это удорожает работы. К тому же штукатурка плохо держится на бетоне.

§ 4. ПРИЕМКА РАБОТ

Законченные бетонные и железобетонные конструкции принимают после достижения бетоном проектной прочности.

Назначенная для приемки комиссия сначала проверяет по рабочим чертежам (или исполнительным чертежам, если были сделаны значительные отступления) соответствие проекту внешних очертаний, формы и геометрических размеров конструкций, правильность расположения сооружения в плане и его высотных отметок.

В процессе приемки устанавливают наличие и соответствие проекту отверстий, проемов, каналов и расположения закладных деталей, качество выполнения деформационных швов. В необходимых случаях при освидетельствовании в натуре выполняют контрольные замеры и дополнительные производственные и лабораторные испытания.

Надо установить также прочность бетона, а в отдельных случаях показатели его морозостойкости, водопроницаемости и др.

Приемной комиссии должны быть предъявлены журналы работ, документы о согласовании всех изменений в чертежах, данные испытаний контрольных образцов бетона, акты промежуточной приемки конструкций и на скрытые работы, паспорта и сертификаты, подтверждающие качество материалов, полуфабрикатов и сборных конструкций и т. п.

Отклонения в размерах и положении возведенных конструкций не должны превышать приведенных в СНиП.

Приемная комиссия заканчивает свою работу составлением требуемых актов.

Глава 9

ВОЗВЕДЕНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

§ 1. ОСОБЕННОСТИ БЕТОНИРОВАНИЯ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Понятие «зимние условия» при производстве бетонных работ несколько отличается от общепринятого — календарного. Зимние условия начинаются, когда среднесуточная температура наружного воздуха снижается до +5° С, а в течение суток наблюдается падение температуры ниже 0° С.

Неукрытый бетон при температуре ниже нуля замерзает, физико-химические процессы взаимодействия воды и цемента прекращаются и твердение бетона приостанавливается. Одновременно внутри бетона появляются силы смерзания и внутреннего давления, вызываемые увеличением объема воды при замерзании примерно на 9%. Эти силы могут привести к недопустимым деформациям конструкции при раннем замерзании бетона. Кроме того, замерзшая вода образует тонкую пленку на поверхности зерен заполнителей, что препятствует их сцеплению с цементом.

При оттаивании твердение бетона в условиях положительных температур возобновляется, но его прочность оказывается ниже нормальной, снижается сцепление бетона с арматурой, уменьшается его плотность и стойкость к воздействию внешних факторов. Однако опыт показывает, что, если бетон замерзнет не сразу после укладки, а через некоторое время, в течение которого он успеет набрать определенную прочность, в последующем отрицательная температура наружного воздуха не оказывает существенного влияния на продолжающиеся процессы твердения и бетон в конструкции приобретает заданную прочность.

Минимальная прочность бетона к моменту возможного замерзания называется ***критической***. Для бетонов марок 100—150 она не должна быть менее 50% проектной прочности, для марок 200—300 — 40% и для марок 400—500 не менее 30%, но в любом случае не меньше 5 *Мн/м*^{2} (50 *кгс/см*^{2}), а для конструкций с предварительно напряженной арматурой, пролетных строений мостов и других особо ответственных железобетонных сооружений — не менее 70% проектной прочности.

Многолетняя практика производства работ в зимних условиях, основанная на исследованиях советских ученых и опыте строителей-производственников, дала возможность разработать современную технологию зимних бетонных работ, предусматривающую специальные приемы подачи и укладки бетонной смеси и особые условия выдерживания бетона. Задача состоит в том, чтобы искусственно создать и поддерживать температурно-влажностный режим для твердения бетона, выдерживаемого при низких температурах наружного воздуха, в течение времени, требуемого для достижения бетоном критической или проектной прочности, стремясь к ускорению срока распалубки конструкции.

Применяют несколько различных технологических приемов создания искусственной среды для выдерживания бетона в зимних условиях. Это — б е з о б о г р е в н ы е с п о с о б ы, к которым относятся методы *термоса* и *термоса с противоморозными добавками*, и способы и с к у с с т в е н н о г о п о д о г р е в а конструкций, включающие *электротермообработку* бетона, *паро-* и *воздухопрогрев*. В последнее время вновь расширяется область применения т е п л я к о в.

§ 2. ПОДГОТОВКА К БЕТОНИРОВАНИЮ. ПОДАЧА, УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Прежде всего следует рассмотреть программу работ и выбрать те конструкции, которые экономически целесообразно или необходимо возводить зимой. Например, зимой сложно и дорого возводить тонкие конструкции, поэтому их включают в программу работ лишь в том случае, если нужно ввести в эксплуатацию пусковой комплекс сооружений.

В технологических картах указывают методы подачи, укладки, уплотнения и выдерживания бетона, отобранные в результате технико-экономического сравнения вариантов работ в конкретных условиях.

Одновременно готовят площадку и объект к бетонированию: утепляют бетоноводы и галереи конвейеров, прокладывают временные электросети, налаживают трансформаторное хозяйство. Принимают меры к защите оснований под фундаменты от промерзания, осуществляют мероприятия по охране труда и др.

Перед укладкой бетонной смеси проверяют состояние опалубки и арматуры, счищают наледь и снег. Применять для этой цели горячую воду и пар не следует, так как это способствует образованию наледи. В морозы ниже минус 10° С арматура диаметром более 25 *мм*, а также выполненная из прокатных профилей сильно охлаждается, что ухудшает ее сцепление с бетоном. Поэтому перед бетонированием такую арматуру отогревают до +5° С горячим воздухом под легким полиэтиленовым укрытием или применяя индукционный нагрев.

Сварочные работы при температуре воздуха ниже —30° С проводить нельзя. Подготовленный к бетонированию участок опалубки на ночь закрывают брезентом или пленочными материалами.

Пучинистые грунты оснований, на которые укладывают бетонную смесь, отогревают на глубину до 50 *см* электропрогревом, непучинистые — очищают от снега, наледи и грязи.

Бетонную смесь надо подавать прямо к месту укладки (без перегрузки), тщательно обрабатывая вибраторами каждый слой. Надо своевременно очищать вибраторы, чтобы предохранить их от намерзания бетона.

Укладку бетонной смеси следует вести непрерывно и с интенсивностью, обеспечивающей перекрытие ранее уложенного слоя до того, как его температура понизится ниже допустимого предела. Открытые части забетонированной конструкции тут же укрывают. При возобновлении бетонирования после перерыва для лучшего сцепления слой ранее уложенного бетона отогревают, применяя, например, переносные инфракрасные излучатели, работающие от баллонов со сжиженным газом.

§ 3. ВЫДЕРЖИВАНИЕ БЕТОНА МЕТОДОМ ТЕРМОСА

Это наиболее простой и экономичный метод, нашедший широкое распространение при бетонировании самых различных конструкций.

Сущность выдерживания бетона по методу термоса состоит в следующем. Доставленную на площадку бетонную смесь температурой 25—45° С укладывают в опалубку. При большей температуре подогрева бетонная смесь во время транспортирования из-за быстро происходящей коагуляции загустевает. Сразу после окончания бетонирования все открытые поверхности конструкции укрывают слоем теплоизоляционного материала. Изолированный от холодного воздуха бетон твердеет за счет тепла, внесенного в бетонную смесь при ее приготовлении, а также тепла, выделяемого в процессе экзотермической реакции твердения цементного теста.

Количество тепла, получаемое бетоном от указанных двух источников, легко подсчитать. Зная количество тепла, расчетом подбирают слой утеплителя, теплоизоляционные характеристики которого обеспечили бы в условиях, намечаемых прогнозом среднесуточных температур, выдерживание бетона при положительной температуре до достижения им прочности, допускающей распалубливание (критической или проектной).

Не все конструкции можно выдерживать методом термоса. Более всего он подходит для выдерживания массивных конструкций с относительно небольшой площадью охлаждения.

Степень массивности конструкции определяют *модулем поверхности*, характеризующимся отношением площади охлаждаемых наружных поверхностей F, $м^2$, к объему уложенного бетона V, $м^3$:

$$M_п = \sum F/V. \qquad \text{(VII.9)}$$

Для колонн и балок $M_п$ равен отношению их периметра к площади поперечного сечения.

Если бетонная смесь приготовлена на портландцементах средней активности, методом термоса можно выдерживать бетон в конструкции с модулем поверхности до 8. Однако зимой эффективней применять высокоактивные быстротвердеющие цементы, а также вводить в обычные цементы химические добавки — ускорители твердения. Это дает возможность применять метод термоса для конструкций с модулем поверхности до 10—15.

Проектированию термосного выдерживания бетона предшествует теплотехнический расчет. Количество тепла в бетоне должно соответствовать его расходу (теплопотерям) при остывании за время τ, в течение которого обеспечивается сохранение положительной температуры в бетоне для достижения им требуемой прочности.

Продолжительность остывания бетона τ от начальной температуры до конечной в конструкциях с модулем поверхности $M_п > 3$* определяют расчетом по формуле Б. Г. Скрамтаева

$$\tau = \frac{C\gamma (t_{б.н} - t_{б.к}) + q\text{Ц}}{KM_п (t_{б.ср} - t_{н.в})}, \qquad \text{(VII.10)}$$

где C — удельная теплоемкость бетона, принимаемая равной 0,25 *ккал/(кг · °С)* [*кдж/(кг · °С)*]; γ — объемная масса бетона, *кг/м*^{3}; $t_{б.н}$ — начальная температура бетона после укладки, °С; $t_{б.к}$ — температура бетона к концу остывания (для бетонов без противоморозных добавок ее рекомендуется принимать не ниже +5°С); q — тепловыделение 1 *кг* цемента за время остывания бетона (принимается по таблицам); Ц — расход цемента в бетоне, *кг/м*^{3}; K — коэффициент теплопередачи опалубки или укрытия неопалубленных поверхностей, *ккал/(м*^{2} *· ч · °С)* [*вт/(м*^{2} *· °С)*]; $t_{б.ср}$ —средняя температура бетона за время его остывания, °С; $t_{н.в}$ — температура наружного воздуха (средняя за время остывания бетона), °С.

Коэффициент теплопередачи опалубки или укрытия неопалубленных поверхностей вычисляют по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \qquad \text{(VII.11)}$$

где α — коэффициент теплопередачи у наружной поверхности ограждения, *ккал/(м*^{2} *· ч · °С)* [*вт/(м*^{2} *· °С)*]. При скорости ветра 1; 5 и 15 *м/сек* значения α равны соответственно 6,79; 22,9 и 37,2 *ккал/(м*^{2} *· ч · °С)* [*вт/(м*^{2} *· °С)*]; δ_i — толщина каждого слоя ограждения, *м*; λ_i — коэффициент теплопроводности материала каждого слоя ограждения, *ккал/(м · ч · °С)* [*вт/(м · °С)*].

Для определения средней температуры бетона за время остывания пользуются эмпирической зависимостью

$$t_{б.ср} = t_{б.к} + (t_{б.н} - t_{б.к})/[1{,}03 + 0{,}181 M_п + 0{,}006 (t_{б.н} - t_{б.к})]. \qquad \text{(VII.12)}$$

По приведенным формулам приближенно рассчитывают охлаждение бетонных конструкций. Расчет ведут в такой последовательности. На основе прогноза погоды или по таблицам расчетных температур наружного воздуха для зимнего периода на территории СССР по месяцам устанавливают ожидаемый температурный режим наружного воздуха $t_{н.в}$, при котором будет выдерживаться бетон. Определив модуль поверхности, выбирают наиболее подходящий способ термосного выдерживания. Далее, пользуясь формулой (VII.12), вычисляют среднюю температуру бетона $t_{б.ср}$ за время остывания.

По справке бетонного завода устанавливают, какой температуры товарную бетонную смесь в данных условиях он может поставлять и экзотермические характеристики цемента q. (Ориентировочно тепловыделение портландцементов за время достижения 100% R_{28} — от 70 до 100 *ккал/кг*). По формуле (VII.5) определяют теплопотери в пути и при перегрузках; вычисляют начальную температуру укладываемого бетона с учетом потерь тепла, идущего на нагрев арматуры и опалубки $t_{б.н}$. По заданной прочности к концу выдерживания устанавливают продолжительность остывания бетона от $t_{б.н}$ до $t_{б.к}$.

---

* Для конструкции с $M_п < 3$ режим термосного выдерживания рассчитывают по методу В.С. Лукьянова.

После этого приступают к расчету требуемых теплоизоляционных характеристик материалов укрытия, варьируя при этом рядом исходных данных — значением начальной температуры $t_{б.н}$, содержанием цемента и его свойствами, сроками выдерживания бетона и т. д. Из уравнения теплового баланса вычисляют коэффициент теплопередачи ограждения бетонной поверхности. Например, исходя из формулы (VII.10), для бетона с объемной массой 2400 *кг/м*³ и удельной теплоемкостью 0,25 *ккал/(кг·°С)*

$$K = \frac{600\,(t_{б.н} - t_{б.к}) + q\text{Ц}}{\tau M_{п}\,(t_{б.ср} - t_{н.в})} \qquad \text{(VII.13)}$$

Если для обеспечения срока выдерживания бетона одной опалубки недостаточно, расчетами подбирают слои укрытия.

Рассмотренный метод расчета прост и пригоден для прогнозирования длительности остывания бетона, когда не требуется большой точности. Этот же метод, уточненный С. А. Мироновым, позволяет учитывать потери тепла на нагревание опалубки и арматуры, а также на излучение с поверхности опалубки. Для аналогичных целей можно пользоваться номограммами и таблицами, данные для которых подготовлены на ЭВМ.

В качестве утеплителей применяют доски с прокладкой толя, доски и фанеру с прокладкой пенопласта, картон, опилки, шлаковату и др. Предпочтение отдают тюфякам, покрытым с двух сторон непродуваемым, водоотталкивающим материалом.

Конструкции, имеющие сечения различной толщины, тонкие элементы, углы и другие быстро остывающие части, следует утеплять особенно тщательно. Поверхность забетонированных блоков в местах примыкания к свежеуложенному бетону утепляют на ширину 1—1,5 *м*. Снимают опалубку и теплозащитный слой, когда бетон в наружных слоях остынет до +3° С.

§ 4. ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК

Некоторые химические вещества — соляная кислота HCl и ее соли (хлориды кальция $CaCl_2$, натрия NaCl) и такие соединения, как карбонат калия K_2CO_3 (поташ) и нитрит натрия $NaNO_2$, а также ряд комплексных соединений (НКМ — нитрит кальция + мочевина; ННКМ — нитрит-нитрат кальция + мочевина; ННХКМ — нитрит-нитрат кальция + + хлорид кальция + мочевина и др.), введенные в качестве добавок каждое в отдельности или в смеси в воду затворения, оказывают разностороннее воздействие на процессы схватывания и твердения бетона.

Таблица VII.5. **Коэффициенты увеличения прочности бетона с добавками-ускорителями, твердеющего при температуре +10 ÷ 20° С**

Возраст бетона, суток	Количество добавок, % к массе	
	портландцемента	пуццоланового портландцемента
	2%	2%
2	1,65	2
7	1,2	1,25
28	1,1	1,15

Примечание. Портландцемент применяют для железобетонных конструкций, а пуццолановый портландцемент — для бетонных.

Например, небольшая добавка хлорида кальция (до 2—3% к массе цемента) способствует разложению минералов цементного клинкера и тем самым сильно интенсифицирует процессы гидратации цемента. Бетоны с этими добавками, называемыми *ускорителями твердения*, очень быстро набирают прочность. Так, уже на третий день бетон с добавкой 2% хлорида кальция достигает в 1,7 раза большей прочности, чем бетон такого же состава, но без добавки. Особенно интенсивно возрастает прочность бетонов с добавками на пуццолановых и шлакопортландцементах (табл. VII.5).

Добавки — ускорители твердения применяют с целью сокращения времени, требуемого для достижения бетоном критической прочности. При термосном выдерживании конструкций с большим модулем поверхности (более 8) во многих случаях выгодно применять бетонную смесь с добавкой 2% хлорида кальция, который в таком количестве почти не оказывает корродирующего воздействия на арматуру. (Для предварительно

Таблица VII.6. **Рекомендуемое количество противоморозных добавок**

Температура бетона, °С	Количество безводной соли, % от массы цемента		
	хлорид натрия + + хлорид кальция	нитрит натрия	
— 5	3	4—6	5—6
—10	3,5+1,5	6—8	6—8
—15	3 +4,5	8—10	8—10
—20	—	—	10—12
—25	—	—	12—15

напряженных конструкций применение хлоридных добавок не допускается). При этом сроки выдерживания бетона до распалубливания сокращаются.

Ускорители твердения, введенные в бо́льшем количестве (например, до 10—15% к массе цемента), резко понижают точку замерзания жидкой фазы бетонной смеси, и в результате процесс гидратации цемента не только не приостанавливается, а происходит даже при очень низких температурах наружного воздуха (до —35° С). Такие добавки называют еще *противоморозными*.

В зависимости от химического состава и количества добавок изменяются удобоукладываемость, сроки схватывания бетонной смеси и степень корродирующего воздействия добавок на арматуру. При бетонировании армированных конструкций отдают предпочтение поташу и нитриту натрия, так как они не вызывают коррозии арматуры. Хлориды используют для бетона неармированных конструкций.

Противоморозные добавки поташа и нитрита натрия применяют при безобогревном методе выдерживания сборно-монолитных железобетонных конструкций (марка бетона не более 300), а также при замоноличивании стыков сборных конструкций. Добавка поташа способствует интенсивному твердению бетона на морозе при температуре до —25° С, а добавка нитрита натрия до —15° С (табл. VII.6).

Длительное влияние добавок поташа и нитрита натрия еще недостаточно изучено, поэтому их не применяют при возведении пролетных строений мостов, ферм, балок, плит длиной более 6 *м*, дымовых труб, градирен, а также предварительно напряженных конструкций.

Водные растворы солей готовят на горячей воде в виде концентрата плотностью по ареометру до 1,4. Расход цемента — не менее 250 *кг* на 1 $м^3$ бетона; В/Ц=0,5÷0,65 и осадка конуса до 8 *см*. Надо иметь в виду, что добавка поташа сказывается на удобоукладываемости бетонной смеси: она быстро теряет пластичность и начинает твердеть. Для замедления сроков схватывания рекомендуется вводить сульфитно-спиртовую барду (от 0,2 до 3% к массе цемента), добавка которой увеличивает период удобоукладываемости на морозе до 2—2,5 *ч*.

§ 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОГРЕВА БЕТОНА (ЭЛЕКТРОТЕРМООБРАБОТКА БЕТОНА)

Одним из наиболее эффективных и экономичных методов интенсификации твердения бетона является его электротермообработка теплом, получаемым от превращения электрической энергии в тепловую.

В зимних условиях электротермообработка предотвращает преждевременное замерзание бетона, обеспечивая его интенсивное твердение при любой отрицательной температуре наружного воздуха. Осенью и весной ускоряется твердение бетона, а следовательно, сокращаются сроки распалубливания конструкций. Летом в районах с сухим и жарким климатом электротермообработка позволяет сократить продолжительность ухода за бетоном и исключить преждевременное его обезвоживание.

Различают следующие способы электротермообработки конструкций: электродный прогрев (электропрогрев), обогрев электронагревательными устройствами и нагрев в электромагнитном поле (индукционный прогрев).

Электропрогрев (электродный способ) едва ли не самый распространенный способ выдерживания бетона при зимнем бетонировании. Сущность его заключается в нагревании бетона переменным током промышленной частоты. (Постоянный ток не пригоден, так как он вызывает электролиз воды).

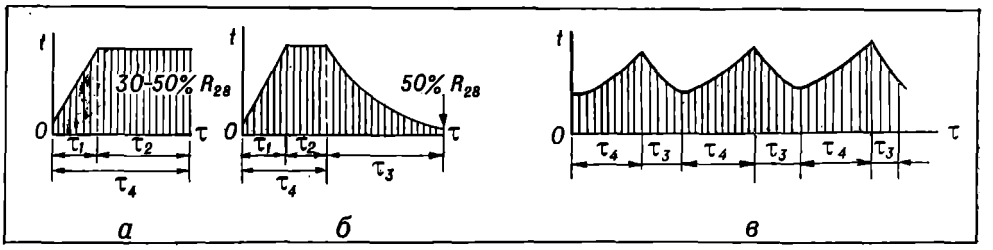


Рис. VII.33. Температурные режимы электропрогрева бетона:
а — без учета нарастания прочности бетона при его остывании; *б* — с учетом нарастания прочности бетона при остывании; *в* — при импульсной подаче напряжения.

Уложенный в конструкцию бетон включают в цепь как электрическое сопротивление. Преобразование электрической энергии в тепловую происходит непосредственно внутри бетона. Электропрогрев рекомендуется при бетонировании конструкций с большими поверхностями охлаждения и модулем от 8 до 20, когда метод термоса оказывается неэффективным, а также при сжатых сроках строительства. Он способствует получению требуемой прочности в минимальные сроки.

Бетонные смеси, которые твердеют при электропрогреве, приготовляют с возможно малым В/Ц на алитовых портландцементах, содержащих не более 10% трехкальциевого алюмината C_3A, или шлакопортландцементах. Если этого требуют сроки строительства, смеси готовят на быстротвердеющих цементах либо вводят в них химические ускорители твердения (до 2% к массе цемента для армированных конструкций). Применять бетонные смеси на глиноземистых цементах не рекомендуется.

Бетонную смесь укладывают в опалубку и после выдерживания от одного до двух часов включают в электрическую сеть.

Для подведения тока применяют стальные электроды, заделываемые в бетон конструкции или располагаемые на ее наружных поверхностях.

Электрический ток, проходя через бетон, выделяет тепло в количестве

$$Q = 3528I^2Rt \text{ дж}, \qquad \text{(VII.14)}$$

где I — сила тока, *а*; R — омическое сопротивление прогреваемого элемента, *ом*; t — время, *ч*.

Образующееся тепло расходуется на нагрев бетона до заданной температуры и возмещение потерь тепла в процессе выдерживания. На это время открытые поверхности конструкции прикрывают толем и поверх него утеплителем.

Существенное значение имеет правильный режим прогрева. Он состоит из трех периодов: *разогрева* τ_1, *изотермического выдерживания* при заданной проектом температуре τ_2 и *остывания* τ_3. Общая продолжительность электропрогрева — τ_4 (рис. VII.33,*а—в*). Для конструкций с модулем поверхности от 6 до 15 проектная прочность обеспечивается к концу остывания. Конструкции с модулем более 15 до достижения заданной прочности выдерживают под напряжением (изотермический период прогрева).

Температуру разогрева при выдерживании массивных конструкций повышают со скоростью 8° С в 1 *ч*, тонкостенных и каркасных — 15° С в 1 *ч*. С целью сокращения сроков выдерживания изотермический прогрев надо вести при максимально допустимых для данной конструкции и бетона температурах. Бетон на обычном портландцементе в конструкциях с модулем поверхности до 10 нагревают до 80° С и в тонкостенных конструкциях — до 70° С. Температуру прогрева бетона на шлакопортландцементах увеличивают соответственно на 10° С, а на быстротвердеющих цементах уменьшают на 5° С.

Рамные и каркасные конструкции с жесткой заделкой стыков рекомендуется прогревать при температуре не выше 40° С, чтобы не допустить появления трещин от неравномерного разогрева.

Температуру во всех частях конструкций надо поддерживать по возможности одинаковой. Для бетонов с повышенным В/Ц предпочтителен мягкий режим с медленным подъемом температуры и медленным остыванием.

Если применяют бетоны с малым В/Ц, надо внимательно следить за потерями влаги при прогреве, меняя, если понадобится, его режим. Продолжительность изотермического прогрева назначают по графикам нарастания прочности портландцемента при наиболее часто применяемой подвижности бетонной смеси с осадкой конуса 3—8 *см*.

В начале разогрева бетона его удельное сопротивление* прохождению тока понижается. В дальнейшем, по мере твердения (примерно через 3—3,5 *ч*) удельное сопротивление, особенно в жестких смесях, начинает заметно увеличиваться. Чтобы условия прогрева конструкции были постоянными, надо менять параметры тока, обычно увеличивая напряжение на следующую ступень. Например, при использовании вначале тока напряжением 51 *в* с помощью ступенчатых трансформаторов постепенно увеличивают напряжение до 67—101 *в*.

Для автоматического выдерживания заданного режима применяют *импульсный способ* подачи напряжения от мобильной установки. При этом с помощью специальных датчиков, находящихся в бетоне, периодически включают электроды под напряжение, чередуя короткие импульсы тока (продолжительностью в несколько десятков секунд) с паузами.

Малоармированные и бетонные конструкции можно прогревать сетевым током напряжением 127 *в*, регулируя скорость разогрева и температуру изотермического выдерживания периодическим выключением сети в моменты недопустимого повышения температуры.

Удельный расход электроэнергии для прогрева бетона определяют по формуле

$$W = P_{\text{п}} T_{\text{п}} + P_{\text{и}} T_{\text{и}} \ \textit{квт} \cdot \textit{ч}/\textit{м}^3, \quad \text{(V.I.15)}$$

где $P_{\text{п}}$ — удельная мощность для нагревания 1 $м^3$ бетона до заданной температуры, *квт*/$м^3$; $T_{\text{п}}$ — продолжительность подъема температуры, *ч*, вычисляемая так:

$$T_{\text{п}} = \frac{t_{\text{и}} - t_{\text{н. б}}}{v}.$$

Здесь $t_{\text{и}}$ — температура изотермического выдерживания, °С; $t_{\text{н. б}}$ — начальная температура бетона, °С; v — скорость подъема температуры бетона, °С/*ч*; $P_{\text{и}}$ — мощность для изотермического выдерживания, *квт*/$м^3$; $T_{\text{и}}$ — продолжительность изотермического прогрева, *ч*.

Электроды наиболее выгодно располагать снаружи прогреваемой конструкции. Это обеспечивает хорошее тепловое поле и значительную экономию металла: такие электроды можно многократно использовать, их устанавливают до начала бетонных работ, что упрощает и удешевляет операции по прогреву.

Основные виды электродов: пластинчатые, полосовые, «плавающие» и др. Если из-за сложности конфигурации конструкции невозможно применить полосовые или пластинчатые, устанавливают стержневые или струнные электроды, располагая их в теле бетона.

Пластинчатые (нашивные) *электроды* изготовляют из кровельной листовой стали, отходов штамповки и др. При обшивке деревянной опалубки сплошные стальные пластины должны целиком закрывать противоположные плоскости по меньшей стороне (толщине) конструкции. При плоских конструкциях толщиной более 25 *см* и каркасных с размером сторон более 50 *см* нашивные электроды, расположенные с двух или четырех сторон, служат для периферийного электропрогрева. Внутренняя часть конструкций твердеет под действием экзотермического тепла цемента, будучи защищенной от охлаждения подогреваемым наружным слоем.

Полосовые электроды (рис. VII.34,*а*) при напряжении 51—87 *в* делают из полосовой стали шириной 20—50 *мм*, а при 106 *в* — из стержней диаметром 6—8 *мм*, соединяемых в группы. Электроды размещают с двух сторон конструкции в том случае, когда надо применять ток меньшей мощности, не снижая его напряжения. При одностороннем

* Величина удельного электрического сопротивления бетона зависит от его температуры, количества воды в единице объема и концентрации в ней электролитов.

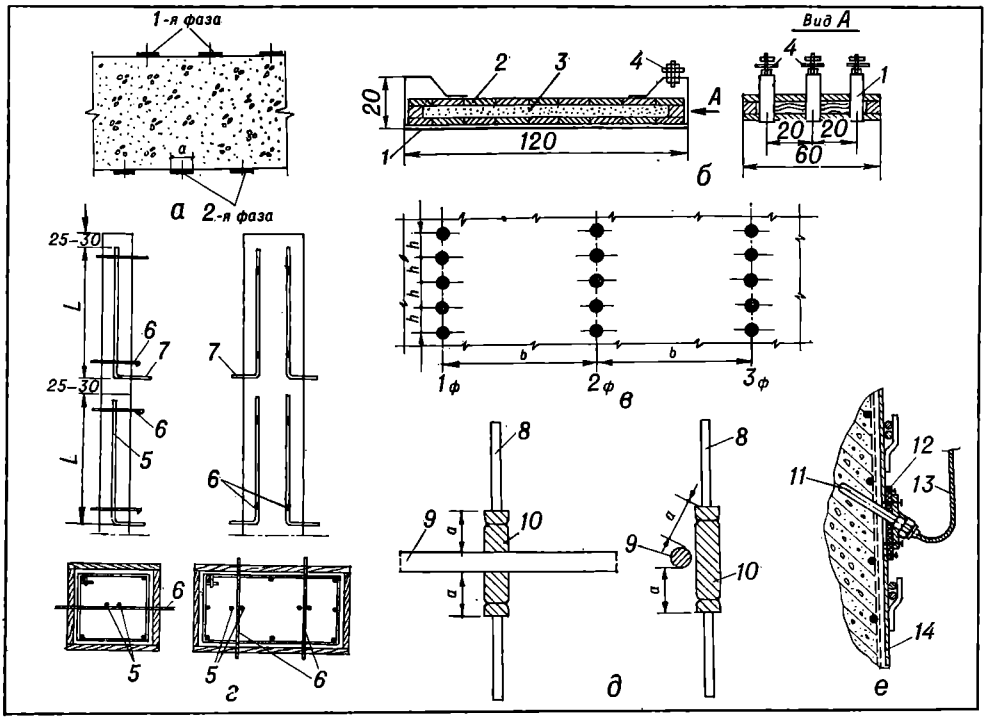


Рис. VII.34. Схемы расположения электродов и термодатчиков:

а — схема двустороннего размещения полосовых электродов; *б* — дощатая панель с полосовыми электродами; *в* — схема расположения групп стержневых электродов; *г* — расположение струнных электродов в колоннах; *д* — способы изоляции электродов от арматуры; *е* — установка термодатчика на опалубке; *1* — стальные полосы; *2* — щит из досок 20 *мм*; *3* — теплоизоляция; *4* — болты или оконцеватели; *5* — парные струнные электроды; *6* — крюки для крепления электродов; *7* — отгибы для присоединения к сети; *8* — электрод; *9* — арматурный стержень; *10* — изоляция из толя; *11* — баллон термодатчика; *12* — текстолит; *13* — капилляр термодатчика; *14* — лист опалубки.

размещении электродов полосы подключают к разным фазам сети прогрева.

Электродные панели выполняют в виде закрытых коробов, утепленных термовкладышами. С нижней стороны короба имеются стальные полосы сечением 40 × 4 *мм* с оконцевателями, служащими для подключения в сеть (рис. VII. 34, *б*).

Плавающие электроды, изготовляемые из стали диаметром 6—12 *мм*, втапливают в поверхность уложенного бетона на глубину 3—4 *см*.

Стержневые электроды представляют собой стальные прутки диаметром 5—8 *мм*, забиваемые в открытые поверхности бетона на требуемую глубину после его укладки или устанавливаемые до укладки в отверстия, просверливаемые в опалубке. Поодиночке их располагают в конструкциях сложной конфигурации и с густым армированием на расстоянии до 20 *см* при напряжении меньше 65 *в* и на расстоянии 40 *см* при более высоком напряжении. Более целесообразно располагать плоские электродные группы, содержащие от 3 до 5 и более стержневых электродов, приваренных сверху к стержню диаметром 10 *мм*. Каждую группу подключают к одной фазе сети прогрева (рис. VII. 34,*в*). Расстояния между групповыми электродами определяют по номограммам, учитывающим напряжение тока, его удельную мощность, скорость разогрева и расстояние между отдельными стержнями длинномерных конструкций.

Струнные электроды (рис. VII.34,*г*) применяют для прогрева колонн, балок, прогонов и т. п. Изготовляют их из круглой стали диаметром 6—12 *мм*, устанавливают перед бетонированием парал-

лельно оси конструкции звеньями длиной 2,5—3,5 *м*. Выпущенные загнутые концы струн служат для подключения к сети прогрева. При изготовлении струн из 3—5-миллиметровой стали их устанавливают попарно. Можно использовать опалубку, обитую кровельным железом, в качестве одного из электродов, тогда другим служат струны, замоноличенные в бетоне.

Чтобы обеспечить равномерный прогрев конструкции и нормальные перепады температуры, расстояние *а* между электродами и арматурой (рис. VII.34,*д*) принимают не меньше 5 *см* при напряжении тока 51 *в* и 10 *см* — при 87 *в*. В местах, где правильные расстояния между арматурой и электродами соблюсти невозможно, устанавливают местную изоляцию электродов. Для изоляции струн и фиксации их в проектном положении применяют бетонные кубики.

Оборудование для электропрогрева состоит из *трехфазного трансформатора* (однофазные соединяют в трехфазные группы), *распределительного устройства* с главным и групповыми щитками и *софитов*. Мощность трехфазного трансформатора 50—60 *ква* (напряжение на вторичной обмотке 106,5; 87,5; 61,5 и 51 *в*) обеспечивает при модуле поверхности $M_п = 10$ суточный поток бетона 11—12,5 *м*³.

От распределительного устройства ток подают к софитам из сухих окрашенных досок, на которых установлены ролики для прокладки проводов трех фаз.

Прогрев начинают при температуре бетона не выше 5—10° С током напряжением 50—60 *в*, увеличивая его ступенями по мере твердения бетона до 106 *в*. Бетон укладывают в конструкции так, чтобы исключить возможность температурных напряжений. Для этого балки небольших пролетов бетонируют целиком; неразрезные балки, нежестко связанные с опорами, бетонируют и прогревают участками длиной до 20 *м*; балки ребристых перекрытий бетонируют вместе с плитами. Размеры участков плит принимают такими, чтобы вся поверхность свежеуложенного бетона была покрыта электропанелями. Неразрезные балки на жестких опорах и многопролетные рамы бетонируют и прогревают с разрывами в $^1/_8$ пролета (не менее 0,7 *м*), располагают их через один пролет. Разрывы заполняют бетоном и прогревают после остывания ранее уложенного бетона до 15° С.

При возобновлении прогрева бетона после перерывов включают повторно электроды на участке конструкции, примыкающем к вновь уложенному бетону. Надо следить за сохранностью толщины защитного слоя, удалять с поверхности плит и балок воду и цементное молоко, а также обеспечить плотный контакт бетонируемой поверхности с нашивными и поверхностными электродами.

Электрообогрев наружными источниками тепла (отражательные печи, термонагреватели) и инфракрасным излучением применяют при бетонировании густоармированных конструкций и сооружений с замкнутыми объемами — коллекторов, тоннелей, бункеров, колонн, а также при заделке стыков, анкерных болтов и т. п., когда невозможно пропускать ток через бетон, так как трудно установить электроды и в тонкостенных конструкциях возникает опасность местного перегрева бетона.

Обычные отражательные печи и термонагреватели имеют спирали высокого сопротивления из нихрома, никелина, константа, фехраля и др. Печи можно использовать для обогрева вертикальных и горизонтальных поверхностей.

Обогрев инфракрасными лучами очень эффективен. Проходя через воздух, лучи передают тепловую энергию непосредственно облучаемой поверхности бетона. Это дает возможность прогревать поверхности бетона, прикрытые металлической или даже железобетонной опалубкой. Как правило, применяют *неметаллические карбид-кремниевые излучатели* с плоским или параболическим отражателем из анодированного алюминия или алюмо-магниевого сплава и с ограждением, исключающим обдувание поверхности холодным воздухом, а также *металлические трубчатые излучатели* (ТЭНы).

При прогреве плит перекрытий плоские излучатели располагают на верхней стороне плиты, а нижнюю тщательно

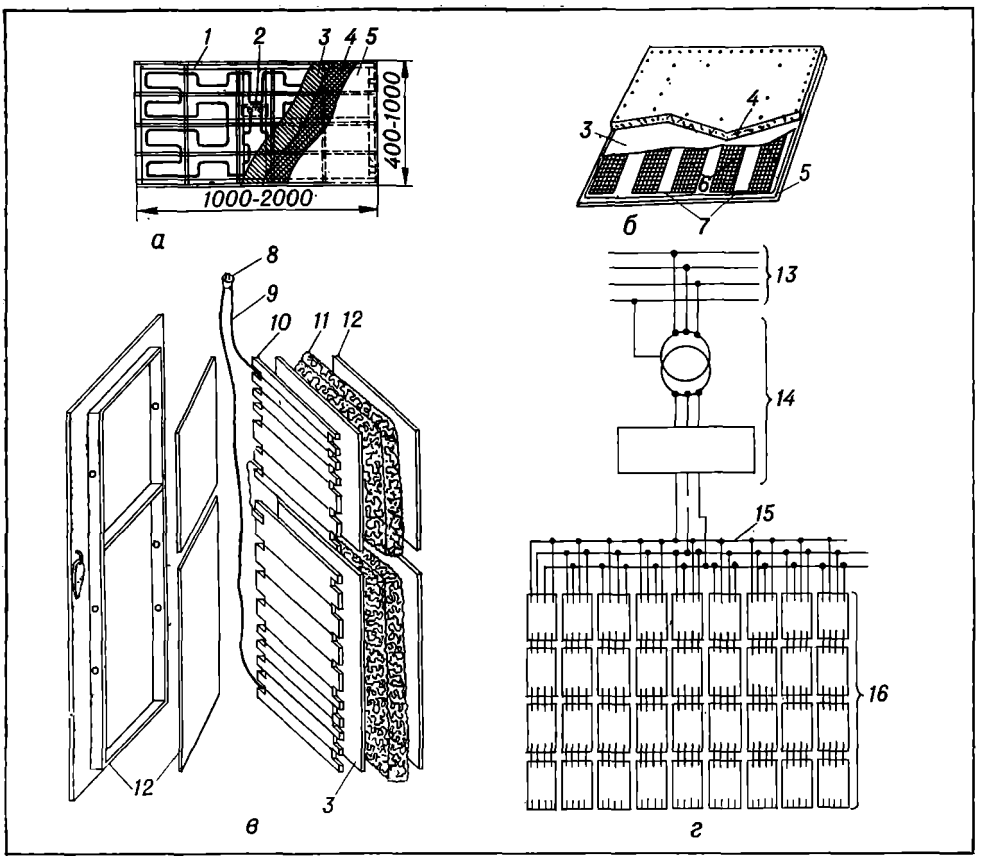


Рис. VII.35. Конструкция контактной греющей опалубки:

а — панель опалубки с греющим кабелем; *б* — то же, с сетчатым нагревателем; *в* — панель электроопалубки; *г* — схема размещения панелей; *1* — кабель типа КСОП; *2* — клеммная колодка; *3* — листы асбеста; *4* — минеральная вата; *5* — лист фанеры; *6* — сетчатые нагреватели; *7* — разводящие шины; *8* — клеммик; *9* — проволочный нагреватель; *10* — лист асбестошифера; *11* — минераловатные пакеты; *12* — фанера; *13* — силовая сеть напряжением 380 *в*; *14* — понизительный трансформатор с распределительным щитом; *15* — шины софитов; *16* — электродные щиты опалубки.

утепляют. Возможен двусторонний прогрев колонн сечением до 600 *мм*, забетонированных в железобетонной или металлической опалубке. Изотермический прогрев обычно длится 8—12 *ч* при температуре 70—90° С. Инфракрасными излучателями пользуются также, когда нужно отогреть арматуру, промороженный бетон, стыки колонн и ригелей или обогреть зоны, где производят бетонные работы.

Контактный электрообогрев применяют при возведении конструкций с развитой поверхностью (модуль не менее 6) в греющих подъемно-переставной и разборно-щитовой инвентарных опалубках. При этом тепло передается от греющей поверхности опалубки непосредственно к прогреваемому бетону.

Греющую опалубку изготовляют в виде *щитов* или *гибких матов*. Нагреватели бывают проволочные, из греющих кабелей типа КСОП или КВМС (рис. VII.35,*а*) и проводов, сетчатые (рис. VII. 35,*б*), пластинчатые (рис. VII.35,*в*,*г*) и др. Температура на поверхности нагревателей обычно не ниже 250° С. Их укрывают асбестовыми листами и теплоизоляцией.

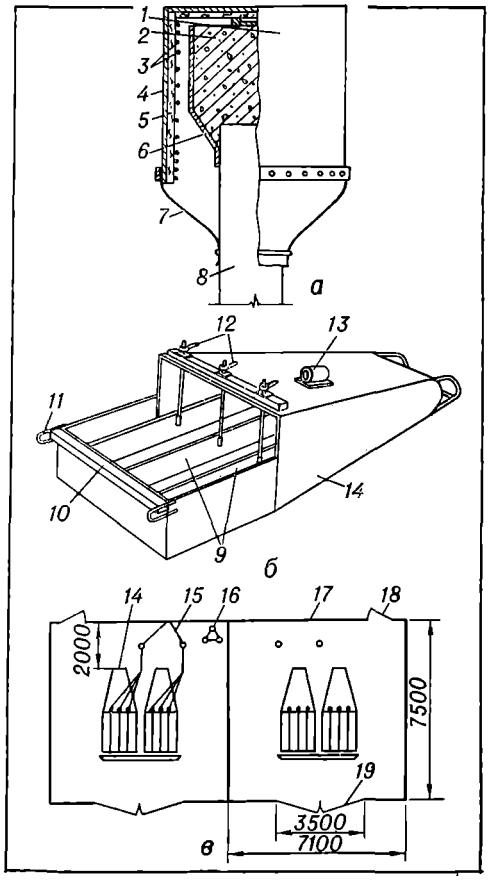


Рис. VII.36. Схема индукционного прогрева бетона. Оборудование бадьи и площадки для электроразогрева бетонной смеси:

а — индуктор для прогрева монолитного оголовка сваи; *б* — поворотная бадья для электроразогрева смеси; *в* — схема поста для подогрева бетонной смеси: *1* — инвентарный кондуктор; *2* — монолитный бетон; *3* — провод; *4* — стальной кожух; *5* — изоляция; *6* — стальная опалубка; *7* — брезент; *8* — свая; *9* — пластинки-электроды; *10* — отбойный брус; *11* — подъемная петля; *12* — токопроводящие устройства; *13* — вибратор; *14* — корпус бадьи; *15* — кабель; *16* — заземление; *17* — ограждение; *18* — калитка; *19* — ворота для въезда автосамосвалов.

Применяют также рулонные маты с внутренним токопроводящим резиновым слоем, служащим сопротивлением в цепи электрического тока. При возведении сборно-монолитных конструкций матами оборачивают монолитную часть. При прогреве бетона с химическими добавками удается через 24 *ч* достичь 70% проектной прочности.

Индукционный прогрев бетона заключается в том, что вокруг прогреваемой конструкции укладывают витки изолированного провода, по которому пропускают переменный ток. Арматура и стальная опалубка при этом становятся как бы сердечником индукционной катушки и в них начинают циркулировать индукционные (вихревые) токи (рис. VII. 36,*а*). Эти токи разогревают арматуру и опалубку, и получаемое тепло расходуется на прогрев бетона конструкции.

Для индуктора используют провода и шнуры с медными и алюминиевыми жилами сечением 70—150 *мм*². Чтобы поддерживать равномерную температуру бетона по высоте, витки индуктора устанавливают на разных расстояниях друг от друга, сгущая их книзу и кверху. Сначала отогревают арматуру, включив индуктор на 10—15 *мин*, затем укладывают бетонную смесь и в течение 2—3 *ч* выдерживают ее при низких положительных температурах, периодически включая индуктор на 15—20 *мин*. Скорость подъема температуры должна составлять от 5 до 10° С/*ч*, режим нагрева — изотермический. При применении индукционного прогрева нужно тщательно подбирать характеристику индуктора, чтобы избежать перегрева бетона вблизи арматуры.

Предварительный электроразогрев бетонной смеси у места возведения монолитной конструкции — горячий термос — позволяет упростить работы и снизить их стоимость, а также способствует повышению качества бетона. При уплотнении вибраторами бетонной смеси, подогретой перед укладкой до 70—80° С, одновременно происходит ее остывание и сжатие; водяные пары и воздух, находящиеся в бетоне, уменьшаются в объеме, что способствует повышению плотности и морозостойкости бетона. Увеличивается допустимая продолжительность транспортирования бетонной смеси на морозе; бетон быстрее приобретает высокую долю R_{28} без прогрева его в конструкции.

Бетонную смесь подвижностью 6—8 *см* на бетонном заводе подогревают до +10° С, что гарантирует ее от чрезмерного охлаждения при транспортировании.

Рекомендуется для ускорения твердения бетона применять добавку хлорида

кальция в количестве 0,5—1% к массе цемента (для армированных конструкций), а для сохранения подвижности смеси добавлять пластификаторы. Доставленную смесь сгружают в электробункеры емкостью 1—2 $м^3$ или поворотные бадьи емкостью 0,5—1,2 $м^3$, оборудованные пластинчатыми электродами (рис. VII.36,*б*). Электроды подключают в цепь напряжением 380/220 *в*, предварительно заземляя бункеры, и прогревают примерно 10—20 *мин* (до 80—95° С бетоны на портландцементах и 90° С — на шлакопортландцементах).

Прогрев может вестись также непосредственно в кузовах автосамосвалов с помощью опускных электродов.

Бетонную смесь подают в конструкцию из бункера электроразогрева или кузова автомашины без перегрузок. Смесь укладывают в быстром темпе и непрерывно. Не рекомендуется держать в бункере разогретую смесь больше 10—15 *мин*, чтобы избежать уменьшения ее подвижности.

Сразу после уплотнения неопалубленную поверхность бетона укрывают паротеплоизоляционными матами.

Массивные конструкции с модулем поверхности до 6 обычно бетонируют без дополнительного утепления опалубки. Процесс разогрева, связанный с применением тока напряжением до 380 *в*, надо строго контролировать и соблюдать правила техники безопасности. Бадьи (бункеры) размещают на площадке, огражденной щитами (рис. VII.36,*в*). В ограждении устраивают ворота, в которые подают задним ходом автобетоновозы.

§ 6. ПАРОПРОГРЕВ

К паропрогреву прибегают, когда на площадке имеются затруднения в обеспечении электроэнергией и достаточны запасы леса для опалубки. Режим прогрева принимают следующий: скорость подъема температуры — не более 5—10° С в 1 *ч*; прогрев насыщенным паром при температуре 80° С для бетонов на портландцементах и 95° С — на шлакопортландцементах и пуццолановых портландцементах; скорость остывания по окончании прогрева — до 10° С в 1 *ч*. При высокой температуре и давлении

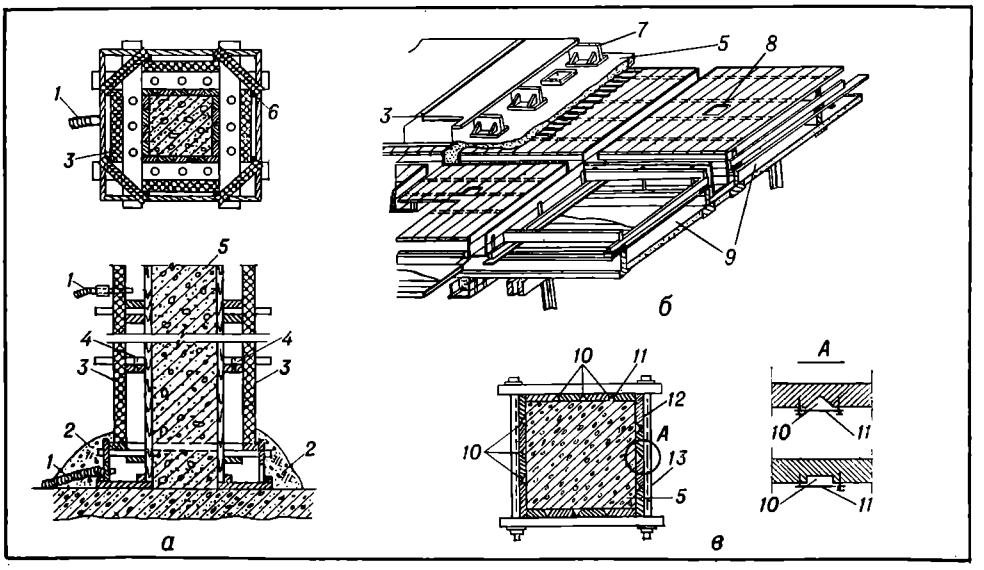


Рис. VII.37. Схемы устройства опалубки при обогреве железобетонных конструкций паром или горячим воздухом:

а — обогрев колонны; *б* — обогрев ребристого перекрытия; *в* — капиллярная опалубка для паропрогрева колонны; *1* — гибкий шланг; *2* — опилки; *3* — утепленные щиты; *4* — отверстия в хомутах; *5* — прогреваемый бетон; *6* — конопатка щелей войлоком; *7* — козелки; *8* — отверстия для пара; *9* — короба утепления; *10* — каналы для пара; *11* — полоски кровельной стали; *12* — щит опалубки; *13* — хомут.

выше 0,07 *Мн/м²* (0,7 *атм*) пар следует пропускать через воду для увлажнения. В качестве источника пара можно использовать, например, паровозы.

Паровые рубашки устраивают при бетонировании колонн (рис. VII.37,*а*), балок, ригелей и плит каркасных конструкций с модулем поверхности 10—20. Рубашка представляет собой нашитый на ребра опалубки второй паронепроницаемый слой опалубки (с прокладкой толя), образующий вокруг колонны или балки полость шириной около 15 *см*, заполняемую насыщенным паром при давлении 0,05—0,07 *Мн/м²* (0,5—0,7 *атм*). Для прохождения пара в ребрах предусмотрены отверстия.

Чтобы прогрев протекал равномерно, полости рубашек колонн и стен разделяют на отсеки высотой 3—4 *м* и в каждый из них подают пар. При прогреве балок и ригелей отсеки делают длиной 2—3 *м*. Рубашки для плит (рис. VII.37, *б*) устраивают снизу и сверху конструкции. Пар, вводимый на каждые 5—8 *м²* поверхности, подают снизу. Он проходит под верхнюю термоизоляцию через отверстия размером 10 × 10 *см*.

Капиллярная опалубка несколько экономичнее паровых рубашек, ее применяют для прогрева колонн и стен (рис. VII.37,*в*).

Плоские тепляки устраивают при паропрогреве фундаментов на грунтах, устойчивых к замачиванию. Фундамент закрывают легким переносным тепляком, под который впускают пар. Под плоскими передвижными инвентарными тепляками бетонируют подготовки под полы, откосы земляных сооружений и др.

§ 7. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛЯКОВ

Тепляк представляет собой временный шатер из водостойкой фанеры, брезента или полимерной пленки, полностью закрывающий сооружение или ту его часть, где укладывают и выдерживают бетон. С помощью калориферов в тепляке поддерживают постоянную положительную температуру и влажность, обеспечивая благоприятные условия для работы.

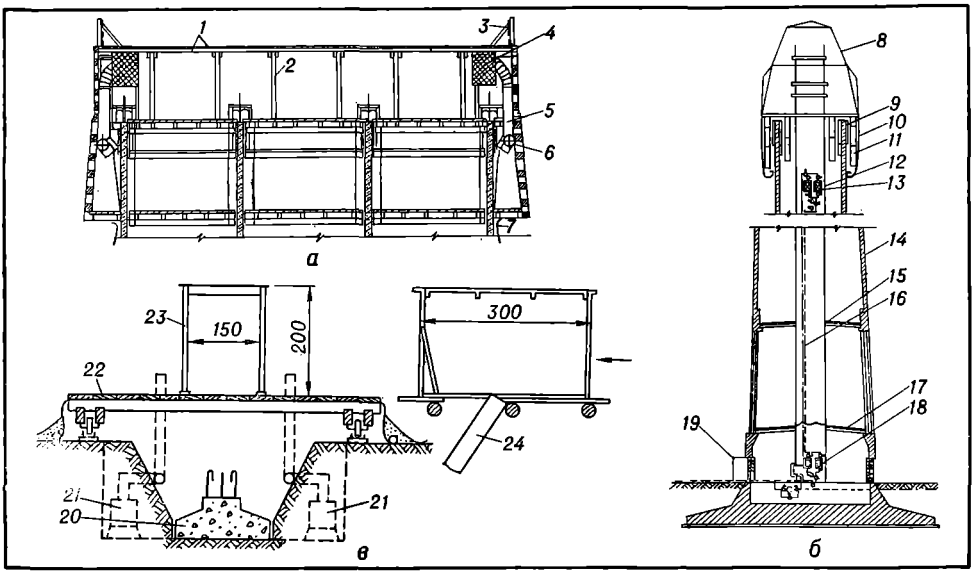


Рис. VII.38. Схемы тепляков:

а — для сооружения силосов в скользящей опалубке; *б* — то же, дымовой трубы; *в* — то же, фундамента; *1* — брезент и щиты настила по балкам; *2* — рамы тепляка; *3* — перила; *4* — калорифер электрический; *5* — воздуховод; *6* — отводной патрубок; *7* — брезентовый фартук; *8* — шатер подвижного тепляка; *9* — стальная опалубка; *10* — подвесное брезентовое покрытие; *11* — наружные подвесные леса; *12* — шахтный подъемник; *13* — отопительные агрегаты в зоне бетонирования; *14* — ствол трубы; *15* — защитное перекрытие; *16* — паропровод; *17* — утепленное защитное перекрытие; *18* — отопительные агрегаты в зоне приема бетонной смеси; *19* — тамбур с утепленной дверью; *20* — бетонируемый фундамент; *21* — печки; *22* — передвижной тепляк; *23* — кабина для выгрузки бетона; *24* — желоб для подачи бетонной смеси.

Применяют навесные и плоские тепляки, опирающиеся на возведенные стены сооружения. Легкие воздухоопертые тепляки надувной конструкции делают из нейлоновой ткани, покрытой виниловым пластикатом. Тепляк надувают и поддерживают в нем избыточное давление около 0,005 *Мн/м²* (0,05 *ати*) и требуемую температуру с помощью калориферных установок. Солнечная радиация, воздействуя на пленку, значительно повышает температуру в тепляке, а через прозрачную пленку в него проникает достаточно дневного света.

На рис. VII.38, *а* приведена конструкция **инвентарного навесного тепляка** для бетонирования башни элеватора в скользящей опалубке. Тепляк устраивают над рабочим полом и на наружных подмостях.

Для обогрева и термообработки бетона в тепляке используют газовоздушные или электрические нагревательные системы. Для обогрева наружного контура стен можно применять паровые рубашки.

При возведении железобетонных труб устраивают **подвижные тепляки** из брезента (рис. VII.38, *б*) или нейлоновой ткани.

Для бетонирования линейно протяженных сооружений (фундаментов, подпорных стен, галерей и др.) используют передвигаемые **секционные тепляки** (рис. VII.38,*в*).

§ 8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА

Текущий контроль осуществляют, руководствуясь строительными нормами, специальными указаниями, изложенными на с. 226, и дополнительными правилами, касающимися особенностей работы в зимних условиях.

Контроль ведут за температурой бетонной смеси в момент ее укладки, а также за уложенным бетоном. При выдерживании бетона по способу термоса работы контролируют два раза в сутки, при электропрогреве в первые три часа — каждый час, а затем три раза в смену. Одновременно трижды в сутки измеряют температуру наружного воздуха.

Прочность бетона контролируют испытанием образцов, выдерживаемых в условиях, близких к условиям твердения бетона. Одну из серий образцов испытывают в тот день, когда температура бетона в конструкции упадет до 1—2° С. Данные о методах и режиме выдерживания бетона и контрольных образцов заносят в журнал контроля температур.

Глава 10

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. ВЫБОР КОМПЛЕКТА МАШИН

Содержание комплексно-механизированного процесса возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций определяется типом здания или сооружения, технологическими и местными особенностями производства работ.

В каждом конкретном случае проектируют технологию и организацию работ в нескольких возможных для данных условий вариантах. После сравнения выбирают вариант с оптимальными технико-экономическими показателями.

Комплекс работ по бетонированию конструкций, состоящий из связанных в непрерывную технологическую цепь процессов транспортирования, подачи, приема, распределения и уплотнения бетонной смеси, является ведущим. Комплект машин для этого комплекса работ подбирают, исходя из заданного темпа укладки бетона (сменной или часовой производительности ведущего частного потока) с учетом технологических особенностей бетонной смеси и условий ее доставки к объекту.

В соответствии с производительностью ведущего потока подбирают комплекты машин для частных потоков по монтажу опалубки, арматуры, арматурно-опалубочных блоков, приготовлению бетонной смеси (если ее готовят в построечных

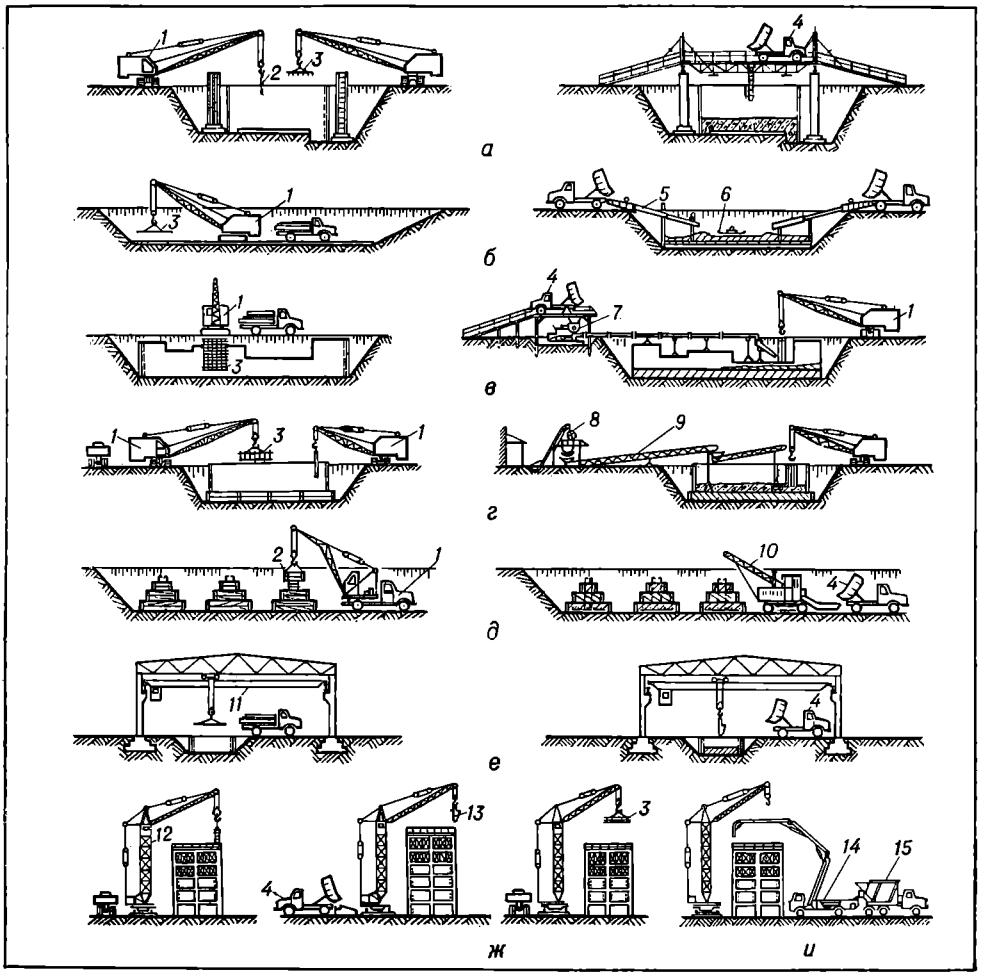


Рис. VII.39. Схемы комплексной механизации железобетонных работ:

а, б, в, г — устройство фундаментов под оборудование; *д* — устройство ступенчатых фундаментов; *е* — то же, с применением мостовых кранов; *ж* — применение башенного крана при возведении многоэтажного здания; *и* — применение бетононасоса с шарнирно-сочлененной стрелой; *1* — стреловой кран; *2* — опалубочный блок; *3* — арматурный блок; *4* — автобетоновоз; *5* — виброжелоб; *6* — вибратор; *7* — бетононасос; *8* — бетоносмеситель; *9* — конвейер; *10* — бетоноукладчик; *11* — мостовой кран; *12* — башенный кран; *13* — ковш-бадья; *14* — бетононасос с гидроприводом; *15* — автобетоносмеситель.

условиях), механизированному уходу за бетоном, распалубливанию и отделке конструкций. Отдельно решают эти вопросы для работ в зимних условиях.

Не следует стремиться к предельному насыщению стройки разными машинами и механизмами. Целесообразно подобрать комплект так, чтобы с помощью ведущей машины, например крана, выполнять наибольшее количество разнообразных операций в ведущем и всех остальных потоках.

Желательно, чтобы производительность вспомогательных машин и механизмов не превышала более чем на 25% производительность оборудования ведущего процесса.

Объем укладываемой бетонной смеси в $м^3$ в смену различными машинами, определяющими интенсивность ведущего

частного потока, примерно следующий: вибропитатели с виброжелобами — 30, башенные краны грузоподъемностью 5 *т* — 55, стреловые краны грузоподъемностью 15 *т* — 75; бетоноукладчики — 100, конвейеры — 50, поршневые бетононасосы производительностью 20 *м*³/*ч* — 70, а с гидроприводом — до 200.

По альбомам подбирают (либо проектируют) конструкцию опалубки, поддерживающих лесов, различных приспособлений и вспомогательных устройств.

Дальнейшая задача — разработка технологических карт, в основу которых кладут имеющиеся типовые карты производства отдельных строительных процессов.

На рис. VII.39 приведены схемы комплексной механизации, применяемой на практике. При возведении фундаментов под оборудование (рис. VII.39, *а*, *б*, *в*, *г*) арматуру и арматурно-опалубочные блоки монтируют кранами. Бетонную смесь, доставляемую автобетоновозами, подают через вибробункеры, вибролотки, хоботы, а также бетононасосами и конвейерами.

Схема *д* иллюстрирует применение стрелового автомобильного крана для монтажа блоков опалубки и арматуры фундаментов, а бетоноукладчика — для подачи бетонной смеси. На схеме *е* показано применение мостовых кранов, а на схеме *ж* — башенных кранов при возведении каркаса многоэтажного здания. Схема *и* поясняет бетонирование конструкций многоэтажного здания с помощью автобетононасоса с бетоноводом на шарнирно-сочлененной стреле. Бетонную смесь доставляют автобетоносмесителями.

§ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Для поточного производства работ железобетонные или бетонные сооружения разделяют на технологические ярусы и захватки.

Высоту ярусов назначают с учетом устройства рабочих швов (на границах между ними), а также исходя из удобства транспортирования, подачи и укладки бетонной смеси. В массивных сооружениях не рекомендуется назначать ярус выше 4 *м*, так как при большей высоте и интенсивном бетонировании значительно увеличивается боковое давление на опалубку от укладываемой бетонной смеси. При возведении многоэтажных зданий в качестве яруса обычно принимают этаж, включая колонны и перекрытия.

Колонны высотой более 4—5 *м* бетонируют с перекрытия, подавая бетонную смесь через окна в опалубке.

Разбивая сооружения на захватки, руководствуются следующим: а) в пределах этажа захватки должны быть примерно равновеликими по трудоемкости; отклонение от средней трудоемкости не должно превышать 25%; б) наименьший размер захватки назначают достаточным для работы звена на протяжении смены и соответствующим блоку бетонирования, на котором укладка бетонной смеси проводится без перерыва; в) границы захваток желательно определять в местах, намечаемых для устройства рабочих или температурных швов.

Общую продолжительность работ (например, при возведении железобетонных фундаментов здания) определяют по циклограмме (рис. VII.40):

$$T = k(m + n - 1) + t_т \text{ дней}, \quad \text{(VII.16)}$$

где k — модуль цикличности (продолжительность работ на захватке), дней; m — число захваток; n — число частных потоков, включая распалубливание и ремонт опалубки. (Частные потоки на циклограмме в зависимости от принятого числа рабочих смен в сутки — одна, две или три смены — могут быть показаны в виде прямых или ступенчатых линий); $t_т$ — срок твердения бетона (технологический перерыв — от одних до трех суток в зависимости от погодных условий).

При этом продолжительность производственного цикла $t_ц$ дней представляет собой период образования единицы строительной продукции в пределах одной захватки.

При возведении многоярусных зданий (сооружений) объемы работ по ярусам бывают неодинаковыми. Число захваток на каждом ярусе в связи с этим составляет m_1, m_2, ..., m_a (рис. VII.41).

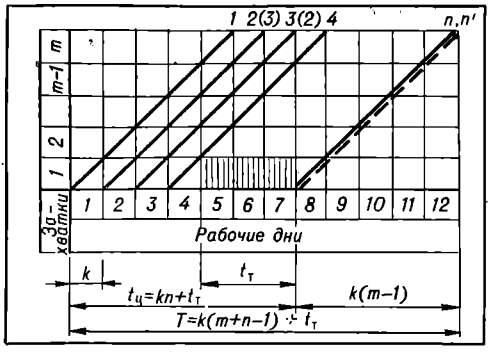


Рис. VII.40. Циклограмма производства железобетонных работ по устройству фундаментов:
1 — устройство щебеночной или бетонной подготовки под фундаменты; *2, 3* — установка опалубки и арматуры; *4* — бетонирование; *n'* — последний частный поток (распалубливание и ремонт опалубки).

Общее число захваток в здании равно $\sum_1^a m$. Тогда продолжительность работ определяют по формуле

$$T = k\left[\left(\sum_1^a m - 1\right) + n_i\right] + t_{т_i} \text{ дней}, \qquad \text{(VII.17)}$$

где n_i — число частных потоков, включая распалубливание и ремонт опалубки балок пролетом более 8 *м* и колонн; $t_{т_i}$ — продолжительность технологического перерыва, суток.

При заданном сроке производства работ T требуемое число захваток на всех ярусах многоэтажного здания $\sum_1^a m$ определяют из выражения

$$\sum_1^a m = \frac{T - [k(n_i - 1) + t_{т_i}]}{k}.$$

Для обеспечения непрерывного выполнения следующих один за другим простых процессов надо, чтобы ко времени перехода на следующий ярус прочность бетона на захватке нижележащего яруса составляла не менее 1,5 *Мн/м²* (15 *кгс/см²*), при которой, в соответствии с требованиями СНиП, допускается передвижение рабочих по забетонированной поверхности. Это условие можно соблюсти, если число захваток на каждом ярусе будет не менее определенного минимума:

$$m_{мин} = \frac{kn_э + t_{т_э}}{k}, \qquad \text{(VII.18)}$$

где $n_э = 3$ — число частных потоков (включая бетонирование); $t_{т_э}$ — время выдерживания бетона до приобретения им прочности 1,5 *Мн/м²* (15 *кгс/см²*).

В многоэтажных зданиях с однотипными перекрытиями число захваток, как правило, на всех ярусах одинаково. В этом случае среднее значение интенсивности потока бетонных работ определяют по формуле

$$I_{ср} = \frac{P}{k\sum_1^a m} \; м^3, \qquad \text{(VII.19)}$$

где P — общий объем бетонных работ, *м³*.

Разбивка многоэтажного каркасного здания на ярусы бетонирования и захватки облегчает определение объемов работ и состава бригад для выполнения простых строительных процессов по каждому ярусу в отдельности. Трудоемкость и состав бригад устанавливают по ЕНиР на железобетонные работы.

Оборачиваемость разборно-переставной опалубки и нужное число ее комплектов определяют отдельно для боковых щитов, днищ и поддерживающих лесов. Оборачиваемость опалубки $О_{об}$ можно определить графически по циклограмме (рис. VII.41).

Продолжительность частного потока установки опалубки

$$t_о = k\sum_1^a m \text{ смен}. \qquad \text{(VII.20)}$$

Время оборота (цикл) несущей опалубки плит пролетом до 2 *м*

$$t_{об_4} = kn_4 + t_{т_4} \text{ суток}. \qquad \text{(VII.21)}$$

Время оборота несущей опалубки балок и лесов

$$t_{об_i} = kn_i + t_{т_i} \text{ суток}. \qquad \text{(VII.22)}$$

Здесь $t_{т_4}$ и $t_{т_i}$ — длительность выдерживания бетона в опалубке, суток.

Оборачиваемость опалубки определяют также как частное от деления дли-

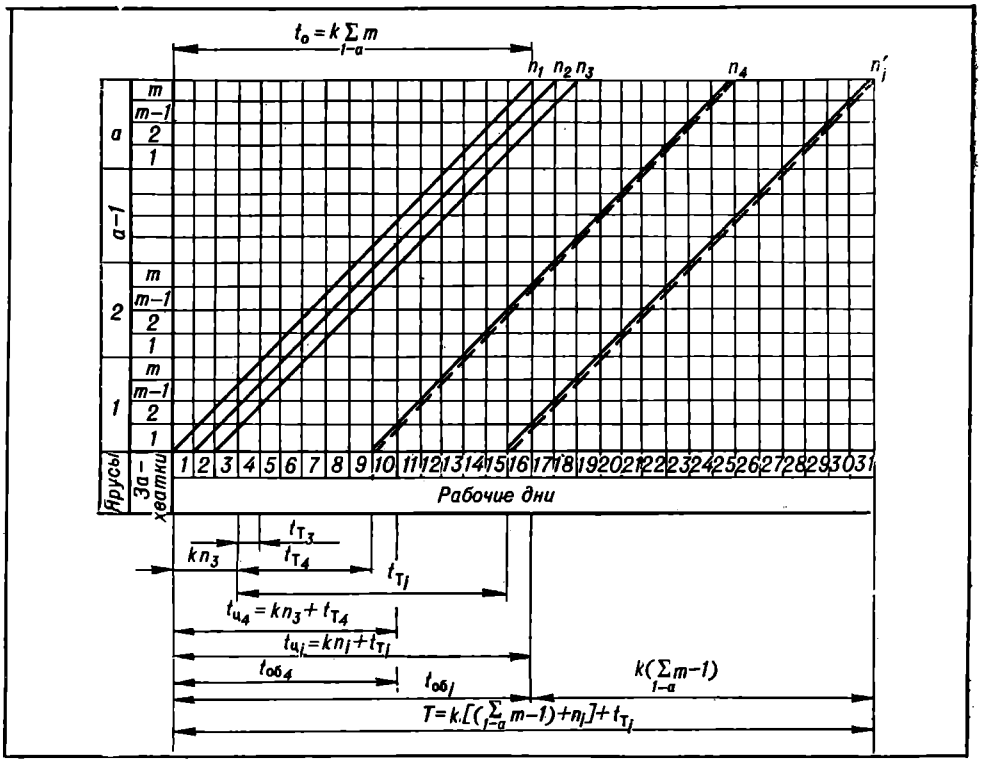


Рис. VII.41. Циклограмма производства железобетонных работ при возведении многоярусного сооружения:

n_1, n_2, n_3 — установка опалубки, арматуры и бетонирование; n_4, n_i' — распалубливание различных элементов конструкций и ремонт опалубки.

тельности установки однотипной опалубки на всем объекте на длительность цикла соответствующего комплекта, т. е.

$$O_{об_4} = \frac{k\sum_1^a m}{kn_4 + t_{T_4}}; \qquad \text{(VII.23)}$$

$$O_{об_i} = \frac{k\sum_1^a m}{kn_i + t_{T_i}}. \qquad \text{(VII.24)}$$

На циклограмме (рис. VII.41) заложение линии частного потока установки опалубки делят на отрезки, равные периодам ее оборота ($t'_{об}$, $t''_{об}$), т. е. число отрезков соответствует числу оборотов; n_4, n_i — число частных потоков, включая распалубливание и ремонт опалубки, соответственно элементов пролетом до 8 *м*, более 8 *м* и колонн; t_{T_4}, t_{T_i} — продолжительность твердения бетона соответственно элементов пролетом до 8 *м*, более 8 *м* и колонн (технологический перерыв), суток.

Состав бригады для выполнения простого процесса на ярусе

$$N_a = Q_a/(km_a), \qquad \text{(VII.25)}$$

где Q_a — трудоемкость простого процесса на ярусе, чел.-смен; m_a — число захваток в ярусе.

Требуемое количество вибраторов определяют из выражения

$$N_в = I/S_в. \qquad \text{(VII.26)}$$

Здесь I — поток бетона в смену, $м^3$;

$S_в$ — производительность вибратора в смену, $м^3$.

Количество транспортных единиц

$$N_м = I_1/S_м, \qquad \text{(VII.27)}$$

где I_1 — сменный поток данного материала (опалубки, арматуры, бетонной смеси и др.); $S_м$ — норма выработки автомашины в смену.

Глава 11

ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. УСТАНОВКА И РАЗБОРКА ОПАЛУБКИ. ЗАГОТОВКА И МОНТАЖ АРМАТУРЫ. БЕТОНИРОВАНИЕ

При правке арматуры на станках обязательно ограждают места перехода арматурной проволоки с вертушки на барабан. Заправляют проволоку в барабан при выключенном электродвигателе.

Стенды для сборки из блоков балок и ферм с последующим натяжением арматуры надо ограждать забором (сеткой) высотой 1,8 *м*. Рабочих, занятых на операциях по натяжению арматуры, снабжают защитными очками и приспособлениями, предохраняющими от травм.

При установке щитовой опалубки на высоте не более 5,5 *м* разрешается пользоваться передвижными лестницами-стремянками, имеющими наверху ограждённую рабочую площадку. При высоте до 8 *м* следует применять передвижные подмостки с ограждёнными площадками. На еще большей высоте опалубку устанавливают с ограждённых рабочих настилов шириной не менее 0,7 *м*, уложенных на поддерживающих лесах.

Опалубку разбирают только после получения разрешения от производителя работ. Опалубку сводов, бункеров и других особо ответственных конструкций разбирают, соблюдая указания ППР и лишь с разрешения главного инженера строительства. Отверстия в перекрытиях или покрытиях, остающиеся после снятия опалубки, надо закрывать или ограждать. Разобранные элементы опалубки следует опускать на землю с помощью лебедок, очищать и складывать в штабеля.

Арматуру нельзя монтировать вблизи электропроводов, находящихся под напряжением. При монтаже арматуры отдельных ригелей и балок для безопасности нужно у боковой стороны короба устраивать рабочий настил шириной 0,7 *м*, ограждённый перилами. Для установки отдельных стержней арматуры колонн между стойками подмостей устраивают настилы через 2 *м*. По уложенной арматуре ходить нельзя. Нужно устанавливать указатели к переходам, которые устраивают шириной 0,8—0,4 *м* на козелках, опирающихся на опалубку.

Эстакады и передвижные мосты для подачи бетонной смеси автобетоновозами оборудуют отбойными брусьями. Между ними и ограждением оставляют проход шириной 0,7 *м*. Подмости для транспортирования бетонной смеси в тачках устраивают со сплошным настилом шириной 1,2 *м*, а при использовании мототележек — шириной на 0,6 *м* больше расстояния между осями колес тележек.

Вокруг бетононасоса оставляют проход шириной 1 *м*. Оператор должен иметь сигнализационную связь с рабочими, укладывающими бетон. Очищать звенья бетонопроводов можно только после остановки бетононасоса. Рукоятки вибратора должны быть снабжены амортизаторами, а корпус до начала работ заземлен. В процессе вибрирования бетонной смеси через каждые 30—35 *мин* надо выключать вибратор на 5—7 *мин* для его охлаждения.

§ 2. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Прогреваемые участки должны находиться под круглосуточным наблюдением электромонтеров. В пределах зоны электропрогрева устанавливают сигнальные лампы, загорающиеся при включении тока; вывешивают плакаты и предупредительные надписи: «Опасно», «Ток включен» и другие, а также правила оказания первой помощи. Участки электропрогрева ограждают. Они должны быть освещены в ночное время. Поливка бетона допускается только после отключения участка от сети электропрогрева.

Противопожарная защита должна быть особенно строгой. Вблизи участков электропрогрева устанавливают стенды со средствами пожаротушения. Ток к участкам следует подводить в кабелях типа КРПТ или проводах типа ПРГ-500. Запрещается применять для обогрева «мангалы» (переносные решетчатые печи, отапливаемые коксом).

РАЗДЕЛ VIII

МОНТАЖ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Глава 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Наиболее распространенным современным методом возведения зданий и сооружений является сборка их из отдельных элементов.

В Советском Союзе ежегодно монтируют десятки миллионов кубометров железобетонных и миллионы тонн стальных конструкций. Объем монтажных работ все время возрастает, поэтому большое значение для экономики страны имеет постоянное снижение их трудоемкости.

Основными путями снижения трудоемкости монтажа зданий являются повышение заводской готовности монтируемых элементов; их укрупнение, что ведет к уменьшению количества элементов на здание; совершенствование способов соединения элементов, обеспечивающее получение монтажной устойчивости в краткие сроки, и модернизация монтажных средств для сокращения времени на подъем и установку элементов в проектное положение.

Монтаж конструкций — комплексный процесс, состоящий из простых процессов и операций, которые можно разделить на три группы: транспортные, подготовительные и собственно монтажные.

К транспортным процессам относятся перевозка конструкций и укладка их на складах; к подготовительным — укрупнение, усиление и предварительная оснастка конструкций элементами траверс, подмостей и приспособлений для выверки и временного закрепления этих конструкций; к монтажным — захват конструкций, подъем, установка их на опоры или заводка в стык, выверка, временное и окончательное закрепление.

Конструкции монтируют поточным методом с комплексной механизацией транспортных, погрузочно-разгрузочных и монтажных работ. Наиболее целесообразен монтаж конструкций непосредственно с транспортных средств или стендов укрупнения, расположенных в монтажной зоне.

Элементы конструкций до начала монтажа принимает монтирующая организация, которая проверяет их качество, размеры и прочность в соответствии с паспортом и требованиями проекта. Ответственные конструкции проверяют поштучно, остальные — выборочно. Отклонения в размерах не должны превышать пределов, допускаемых СНиП.

Работы по монтажу конструкций выполняют под руководством прораба, мастера или бригадира только после инструментальной проверки отметок и положения в плане фундаментов и других опорных элементов и закладных деталей.

Для обеспечения устойчивости и геометрической неизменяемости части возводимого объекта при монтаже надо соблюдать последовательность и комплектность установки конструкций на каждом участке здания или сооружения. До окончательного закрепления всех конструкций одного яруса (этажа) на участке здания не следует приступать к монтажу их на следующем ярусе. Конструкции устанавливают по проектам производства работ, включающим технологические карты на монтаж.

Следует учитывать, что во время подъема и установки конструкций в проектное положение в них иногда возникают усилия бóльшие, чем предусмотрено расчетом, или противоположные им по знаку. Поэтому конструкции должны быть проверены (в проектной организации или при разработке ППР) по законам строительной механики на монтажную

устойчивость на разных стадиях монтажа — во время кантовки, при подъеме и установке без проектных связей.

В процессе монтажа строительных конструкций используют монтажные краны, такелажное оборудование, различный инвентарь и приспособления, облегчающие труд монтажников и улучшающие его организацию.

Глава 2

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

§ 1. МОНТАЖНЫЕ КРАНЫ И МАЧТЫ

Монтажные краны являются ведущими машинами для монтажа строительных конструкций. Краны делят на следующие группы: стационарные, самоходные стреловые, башенные, козловые (консольные и бесконсольные) и специальные.

Стационарные краны, к которым относятся монтажные мачты, шевры, вантовые стреловые, жестконогие стреловые и другие непередвижные краны, используют для подъема единичных и тяжелых конструкций при отсутствии самоходных кранов соответствующей грузоподъемности.

Монтажная мачта — простейшее грузоподъемное устройство, состоящее из мачты, вант для ее раскрепления, лебедки и полиспаста. В зависимости от грузоподъемности и высоты подъема крюка монтажные мачты бывают деревянные, из стальных труб или решетчатые. Монтажную мачту раскрепляют не менее чем четырьмя вантами и устанавливают вертикально или с небольшим наклоном (до 20°). При устройстве шарнирной опоры мачты могут быть качающимися, т. е. допускается их отклонение в плоскости установки в обе стороны от вертикальной оси. Для расчета мачты, вант для ее раскрепления и якорей определяют возникающие в ней усилия. Монтажные мачты поднимают в рабочее положение при помощи вспомогательных мачт меньшей высоты $\left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}H\right)$ методами поворота или скольжения.

Вместо монтажных мачт иногда используют шевры, которые представляют собой спаренные соединенные под углом мачты, раскрепленные по низу горизонтальной балкой, что придает им А-образную форму. Закрепляют шевры двумя вантами. Как и мачты, шевры можно устанавливать в наклонное положение.

Вантовые стреловые краны применяют на монтаже мостов и других инженерных сооружений, а также высоких промышленных комплексов. Грузоподъемность этих кранов 10—40 *т*, а высота подъема при установке на земле — до 40 *м*. В зависимости от конструктивного решения различают вантовые стреловые краны со стрелой, закрепленной внизу или вверху, а также спаренные (с двумя стрелами). Вантовые стреловые краны закрепляют в рабочем положении четырьмя — шестью вантами.

Жестконогие стреловые краны, устойчивость которых обеспечивается подкосами (ногами) и подъемным оборудованием, применяют для монтажа инженерных сооружений. В связи с увеличением выпуска самоходных и башенных кранов стационарные краны теперь применяют все реже.

Самоходные стреловые краны благодаря своей мобильности широко используют на монтажных работах при возведении промышленных зданий и сооружений и на погрузочно-разгрузочных работах. В зависимости от ходового оборудования различают железнодорожные, гусеничные, пневмоколесные и автомобильные самоходные краны.

Основными техническими характеристиками самоходных стреловых кранов являются грузоподъемность, *т*; вылет стрелы, *м*, определяющий расстояние от оси поворота крана до отвесной линии, проведенной через его крюк, и высота подъема, *м*, показывающая высоту

от уровня стоянки крана до крюка. Грузоподъемность самоходных кранов 3—160 *т* и более.

Железнодорожные краны применяют главным образом на строительстве зданий тяжелого типа и на складах.

Гусеничные краны используют для монтажа стальных и железобетонных конструкций промышленных зданий и на укрупнительной сборке. Они не требуют устройства улучшенных дорог, устойчивы во время работы, их легко перебазировать с объекта на объект.

Пневмоколесные краны мобильнее гусеничных, однако они менее устойчивы. Поэтому на время работы их надо дополнительно опирать на выносные опоры.

Автомобильные краны — самые мобильные, они быстро передвигаются с одного объекта на другой. Такие краны широко применяют для погрузочно-разгрузочных работ и укрупнительной сборки конструкций. Их используют для монтажа самых различных невысоких сооружений, которые состоят из конструкций относительно небольшой массы. В дальнейшем намечается увеличить грузоподъемность и высоту подъема крюка автокранов, что позволит применять их еще шире.

Башенные краны применяют на монтаже конструкций жилых и многоэтажных промышленных зданий, зданий ТЭЦ, ГРЭС, конверторных, доменных и других цехов и сооружений. Башенные краны различают:

по назначению — для жилищно-гражданского строительства (грузоподъемность 3—10 *т*), для промышленного строительства (грузоподъемность 50—100 *т* и более);

по конструктивному решению — с неподвижной башней и поворотным оголовком; с поворотной башней и контргрузом, расположенным внизу, на платформе; с поворотной башней и противовесом, расположенным вверху; приставные краны, которые устанавливают снаружи здания, крепят к монтажному каркасу и наращивают по мере его роста;

по схеме изменения вылета — с подъемной стрелой, со стрелой, имеющей грузовую тележку.

Основные технологические характеристики башенных кранов: грузовой момент, который выражается в *кн м* (*тс м*) и равен произведению максимальной грузоподъемности крана, *кн* (*тс*), на максимально допускаемый для данной грузоподъемности вылет стрелы, *м*; вылет стрелы, а также высота подъема крюка крана, *м*.

Башенные краны обозначают буквами и цифрами (например, КБ-1000 означает: кран башенный с грузовым моментом 1000 *тс м*; КБ-250 — кран башенный с грузовым моментом 250 *тс м*).

Козловые краны используют для монтажа конструкций жилых и промышленных зданий большой протяженности и высотой до 60 *м*, а также для монтажа линейных инженерных сооружений — эстакад, открытых складов и др. Их применяют таже на складских работах на объектах промышленного строительства. Грузоподъемность козловых кранов 5—200 *т*, пролет от 9 до 60 *м*, высота подъема крюка 7—76 *м*. Выпускают их с консолями и без консолей.

Специальные краны применяют для монтажа конструкций некоторых сооружений. Например, высотные здания монтируют с помощью самоподъемных башенных и переставных кранов. Для монтажа радиомачт и башен используют самоподъемные (ползучие) краны. Тяжелые конструкции поднимают в проектное положение ленточными домкратными подъемниками, которые оборудованы гидравлическими домкратами. Такие подъемники пригодны для подъема конструкций массой более 1000 *т* — мостовых пролетов, смонтированных на земле частей сооружений и др.

В некоторых случаях (в труднодоступных местах, при отсутствии дорог — в горах, среди болот — или когда надо установить конструкции на большой высоте) на монтаже строительных конструкций используют специальные вертолеты.

Подкрановые пути. Для всех кранов, передвигающихся по рельсам, у монти-

руемых объектов устраивают подкрановые пути. Железнодорожные краны устанавливают на рельсовый путь, равный ширине нормальной колеи — 1524 *мм*. Для башенных кранов ширина пути переменная: 4—5 *м* при грузоподъемности кранов 3—5 *т* и до 10 *м* при большей грузоподъемности. Краны БК-404, БК-406 и более тяжелые передвигаются по путям с четырьмя рельсовыми нитками.

Подкрановые пути башенных кранов устраивают на деревянных или железобетонных шпалах из готовых звеньев длиной 12,5 *м*. Такие звенья укладывают на подготовленное основание и этим ускоряют устройство подкрановых путей.

Для организации движения кранов вокруг зданий подкрановые пути укладывают по кривым, соответствующим радиусу поворота каждого типа крана, или устраивают поворотные круги.

§ 2. ВЫБОР МОНТАЖНЫХ КРАНОВ

Исходя из монтажных характеристик конструкций и условий строительной площадки, устанавливают необходимые технические параметры кранов; на основании объемов работ и заданной продолжительности монтажа определяют требуемое количество кранов, затем сравнивают технико-экономические показатели и выбирают оптимальный вариант.

Конструкции характеризуются монтажной массой (самой конструкции и приспособления, поднимаемого вместе с ней) $G_м$, монтажной высотой (высота подъема крюка крана) $H_м$ и требуемым вылетом стрелы крана $L_м$.

Монтажную высоту определяют по формуле

$$H_м = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \ м, \quad \text{(VIII.1)}$$

где h_1— отметка (от уровня стоянки крана до опоры), на которую устанавливают элемент, *м* (рис. VIII.1, *а*, *б*); h_2— высота подъема элементов над опорой, равная 0,5—1 *м*; h_3— высота устанавливаемого элемента, *м*; h_4— высота захватного приспособления над устанавливаемым элементом, *м*.

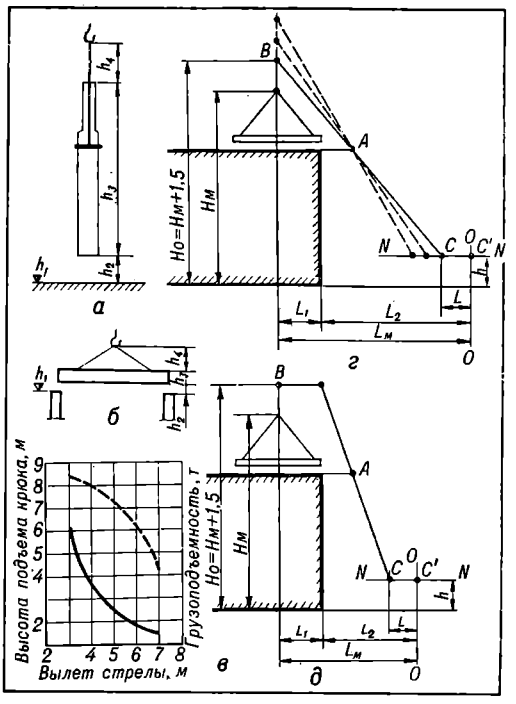


Рис. VIII.1. Определение необходимых параметров кранов:

а — определение высоты подъема крюка крана для вертикальных элементов; *б* — то же, для горизонтальных элементов; *в* — график взаимозависимых кривых грузоподъемности, вылета стрелы и высоты подъема крюка крана; *г* — графическое определение вылета стрелы крана без гуська; *д* — то же, с гуськом.

Вылет стрелы зависит от положения монтируемых элементов. Элементы, доступ к которым открыт (колонны, фермы, подкрановые балки и др.), можно монтировать при наименьших вылетах стрелы, т. е. наиболее рационально использовать грузоподъемность и высоту подъема крюка крана. В этом случае пригодность параметров крана проверяют по кривым грузоподъемности (рис. VIII. 1,*в*). На кривой находят нужную грузоподъемность и по шкале «Высота подъема» определяют ее соответствие монтажной высоте, найденной по формуле (VIII.1).

Вылет стрелы самоходных кранов для установки таких элементов, как плиты покрытия, рамы фонаря и т. п., доступ к которым закрыт

ранее установленными конструкциями (фермами, балками покрытия и др.), можно определить аналитически и с достаточной точностью — графически.

Для графического определения в любом масштабе вычерчивают контуры монтируемого сооружения, ось расположения поднимаемых элементов и ось стрелы крана (рис. VIII.1,*г*), которая должна пройти через две точки: *А* — на расстоянии 1,5 *м* от крайней точки установленной конструкции (фермы, стены, ригеля) и *В* — на высоте $H_м + 1{,}5$, где 1,5 *м* — высота от крюка крана до оси оголовка стрелы.

Выше уровня положения крана на высоте *h* (рис. VIII.1, *г*) проводят линию *N—N*, которая проходит через шарнир стрелы крана. Ось стрелы доводят до этой линии и вправо от точки их пересечения откладывают расстояние *L*, соответствующее положению оси поворота крана.

Если вылет стрелы определяют для заранее подобранного крана (по $G_м$ и $H_м$), то величины *h* и *L* принимают по его технической характеристике, а при определении необходимого вылета стрелы до выбора крана *h* и *L* принимают равными по 1,5 *м*.

За счет удлинения стрелы можно уменьшить ее вылет и приблизить кран к сооружению (см. штриховые линии на рис. VIII.1, *г*).

При выборе крана с гуськом (рис. VIII.1, *д*) вправо от точки *В* откладывают размер гуська и ось стрелы проводят от конца гуська через точку *А*.

Если длина гуська выходит за точку *А*, то точку (рис. VIII.1, *д*), определяющую шарнир крепления гуська к стреле, соединяют с точкой *С* (шарнир крепления стрелы на кране) при сохранении минимально допустимого наклона стрелы, затем строят схему для определения вылета стрелы так же, как на рис. VIII. 1, *г*.

Вылет стрелы $L_м$ измеряют от оси установки конструкции до оси поворота крана.

При графическом определении вылета стрелы башенных кранов L_2 должно быть не меньше минимально допускаемого расстояния от оси поворота крана до наружной поверхности монтируемого здания.

После определения требуемых параметров кранов, соответствующих монтажным характеристикам конструкций здания — их массе $G_м$, высоте подъема крюка $H_м$ и вылету $L_м$, по таблицам или кривым грузоподъемности, вылета и высоты, помещенным в справочниках по строительным кранам, находят технически пригодные краны.

Значительно быстрее, чем по справочникам, можно выбрать кран с помощью перфокарт, на которые нанесены основные параметры кранов.

Требуемое количество кранов вычисляют по формуле

$$К = \frac{О}{П_э T} \text{ шт.,} \qquad \text{(VIII.2)}$$

где О — объем работ, *т* или $м^3$; $П_э$ — средняя эксплуатационная производительность кранов в смену, *т* или $м^3$; *Т* — длительность монтажа (смен), которую можно определить из проекта организации строительства или принимать равной 25—30% от продолжительности строительства зданий, установленной СНиП.

Из формулы (VIII.2) можно определить, что нормативное время работы крана

$$T_н = О/П_э \text{ маш.-смен.} \qquad \text{(VIII.3)}$$

Следовательно,

$$К = T_н/T \text{ шт. или } К = T_н C/T \text{ шт.} \qquad \text{(VIII.4)}$$

Коэффициент *С*, учитывающий возможное совмещение работы кранов во времени, принимают при двух и более кранах. Величину $C = 1{,}2 \div 1{,}4$ определяют в зависимости от количества кранов К по опыту или в соответствии с ранее составленными ППР на подобные объекты.

Если проектом предусмотрено, что конструкции будут монтировать несколькими типами кранов, количество кранов каждого типа определяют по формуле

$$К_i = К T_{н_i}/T_н \text{ шт.,} \qquad \text{(VIII.5)}$$

где $T_{н_i}$ — нормативная продолжительность монтажа части конструкций краном данного типа, смен.

Потребность в кранах определяют по каждому из сравниваемых вариантов.

$T_н$ и $T_{н_i}$ вычисляют, исходя из объема работ, по действующим нормам.

Экономическую эффективность использования того или иного комплекта технически пригодных кранов устанавливают сравнением технико-экономических показателей, из которых основными являются стоимость монтажных работ на единицу конструкции, трудоемкость монтажа и продолжительность работ. Для более полной характеристики кранов определяют еще дополнительные показатели: коэффициент использования крана по грузоподъемности, его металло- и энергоемкость, объем капитальных вложений и др.

Стоимость монтажа единицы конструкций определяют по приведенным затратам:

$$C_{прив} = \frac{C_o}{V} \pm Э_н \pm Э_т + K_{уд}E_н \ руб/т(м^3),* \qquad (VIII.6)$$

где C_o — общие прямые затраты с учетом накладных расходов, вычисляемые по формуле

$$C_o = 1{,}08 \sum_{i=1}^{n_j} (C^i_{доп} + C^i_{маш.-ч} T^i_н) + 1{,}5 \cdot з_м \text{ руб.}$$

Здесь 1,08 — коэффициент, учитывающий накладные расходы на затраты по эксплуатации кранов; $C^i_{доп}$ — дополнительные затраты на устройство подкрановых путей и т. п. для обеспечения работы крана, руб.; $C^i_{маш.-ч}$ — стоимость 1 *маш.-ч* работы крана, руб.; $T^i_н$ — нормативная продолжительность работы крана, *ч*; 1,5 — коэффициент, учитывающий накладные расходы на заработную плату монтажников конструкций; $з_м$ — заработная плата монтажников конструкций, руб.; V — общий объем монтируемых конструкций, $т(м^3)$; $Э_н$ — экономия условно-постоянных накладных расходов при сокращении срока монтажных работ, определяемая так:

$$Э_н = 0{,}6 \ H_j \left(1 - \frac{T_j}{T_{макс}}\right) \ руб/т(м^3).$$

Здесь 0,6 — коэффициент экономии накладных расходов; H_j — условно-постоянные накладные расходы на прямые затраты, руб.; T_j — продолжительность работы комплекта кранов j-го варианта, смен; $T_{макс}$ — то же, по сравниваемому варианту, смен; $Э_т$ — экономия накладных расходов при снижении трудоемкости монтажа конструкций, которую вычисляют из выражения

$$Э_т = 0{,}6 \frac{q_{макс} - q_j}{8} \ руб/т \ (м^3).$$

Здесь $q_{макс}$ — трудоемкость монтажа 1 $т(м^3)$ конструкций по сравниваемому варианту, *чел.-ч*/$т(м^3)$; q_j — то же, по j-му варианту; $K_{уд}$ — удельные капитальные вложения на приобретение монтажных кранов:

$$K_{уд} = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{C^i_{ин} T^i_н}{V^i T^i_{г.ч}} \ руб/т \ (м^3).$$

Здесь $C^i_{ин}$ — расчетная инвентарная стоимость крана, руб.; $T^i_{г.ч}$ — нормативное годовое число часов работы крана, *ч*; $E_н$ — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Трудоемкость монтажа единицы конструкций находят по формуле

$$q_{ej} = [Q_р + \sum_{i=1}^{n_j} (Q^i_{маш} + Q^i_{м.д} + Q^i_п + Q^i_{дост}/V \ чел.-ч/т \ (м^3), \qquad (VIII.7)$$

где в числителе затраты труда, *чел.-ч*: $Q_р$ — рабочих (монтажников конструкций); $Q^i_{маш}$ — машинистов и рабочих, обслуживающих краны; $Q^i_{м.д}$ — на монтаж и демонтаж кранов; $Q^i_п$ — на устройство под-

* Здесь и далее единицей измерения может быть *т* или $м^3$.

крановых путей; $Q^i_{\text{дост}}$ — на доставку кранов к объекту.

Длительность работы (занятости на объекте) **комплекта кранов** определяют из выражения

$$T_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{T^i_{\text{н}}}{8} + T^i_{\text{м}} + T^i_{\text{п}} + T^i_{\text{т}} \right) \text{ смен}, \qquad \text{(VIII.8)}$$

где продолжительность, смен: $T^i_{\text{н}}/8$ — работы кранов; $T^i_{\text{м}}$ — монтажа и других работ по подготовке крана к работе; $T^i_{\text{п}}$ — перестановки кранов; $T^i_{\text{т}}$ — технологических и организационных перерывов.

§ 3. ТАКЕЛАЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

К такелажному оборудованию, используемому при монтаже строительных конструкций, относятся стальные и пеньковые канаты, стропы, блоки, полиспасты, домкраты, лебедки и якоря.

Стальные канаты и стропы. Для оснастки грузоподъемных механизмов и машин (полиспастов, подъемников, кранов), изготовления вант, расчалок, строп применяют стальные канаты-тросы. В качестве временных расчалок и оттяжек наряду с тросами используют пеньковые канаты.

Стальные канаты свивают из тонких проволок. В строительстве применяют чаще всего стальные канаты трех типов, отличающихся друг от друга количеством проволок в прядях. В каждом типе канатов имеется по шесть прядей, свитых вокруг пенькового сердечника. Тип канатов 6 × 19 + 1 означает: 6 прядей по 19 проволок и 1 пеньковая сердцевина; 6 × 37 + 1 — 6 прядей по 37 проволок и 1 пеньковая сердцевина; 6 × 61 + 1 — 6 прядей по 61 проволоке и 1 сердцевина. Пеньковая сердцевина, которую пропитывают маслом, придает канату гибкость и обеспечивает его смазку.

Чем больше проволок в каждой пряди каната при одном и том же его диаметре, тем более гибок канат. В зависимости от гибкости (мягкости) канаты применяют для разных целей. Канат 6 × 19 + 1 — жесткий, его применяют там, где он не подвергается многократному изгибу (для вант и оттяжек). Канат 6 × 37 + 1 используют для запасовки полиспастов, устройства стропов, траверс, а также чалочных приспособлений. Канат 6 × 61 + 1 — самый мягкий, его применяют для изготовления стропов, подъемных полиспастов.

Стальные канаты-тросы являются ответственной частью грузоподъемного оборудования и монтажных приспособлений, поэтому их надо тщательно проверять на прочность. Каждый трос должен иметь паспорт, в котором указывается разрывное усилие. При выборе троса допускаемое для него усилие определяют по формуле

$$S = S_{\text{п}}/K \ н(кгс), \qquad \text{(VIII.9)}$$

где $S_{\text{п}}$ — разрывное усилие, $н(кгс)$, взятое по паспорту, соответствующему ГОСТ или определенное испытанием на разрыв в лаборатории; K — коэффициент запаса прочности, принимаемый по нормам Госгортехнадзора для тросов, идущих на изготовление вант, равным 3—3,5, а для стропов — 8—10; для тросов в полиспастах с ручным приводом — 4—5, а с механическим приводом — 5—6.

На концах тросов, используемых в виде вант или стропов, устраивают петли, которые закрепляют сжимами или заплетают. Количество сжимов (от 3 до 6) и расстояние между ними устанавливают в зависимости от диаметра троса.

Стропы из тросов широко применяют на монтажных работах. Различают стропы универсальные и облегченные, а также двух-, четырех- и шестиветвевые (рис. VIII.2, *а—в*).

Универсальные стропы изготовляют в виде бесконечной петли (рис. VIII. 2, *а*, *1*, *2*), которой конструкции захватывают в обхват.

Облегченные стропы (рис. VIII.2, *а*, *3*, *4*) представляют собою отрезки троса, на концах которых сделаны петли либо закреплены крюки или карабины (рис. VIII.2, *г*). Этими стропами конструкции можно захватывать в обхват или за выпущенные из них петли. Для предохранения троса от перетирания в петли облегченных стропов закладывают коуши.

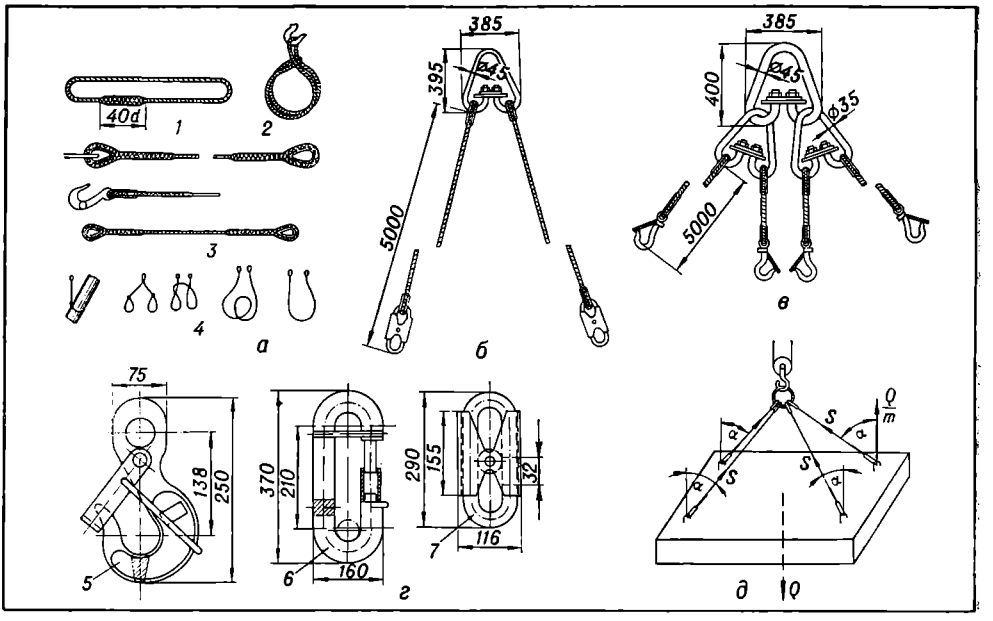


Рис. VIII.2. Стропы, крюки и карабины:

а — универсальные и облегченные стропы; *б*, *в* — двух- и четырехветвевые стропы; *г* — крюк и карабины; *д* — схема захвата конструкций стропами; *1* — универсальный строп; *2* — петля из универсального стропа для захвата конструкций в обхват; *3* — облегченные стропы; *4* — петли из облегченных стропов для подъема конструкций; *5* — крюк с предохранительной планкой; *6* — карабин с предохранительной трубкой; *7* — то же, с обоймой.

Конструкцию можно захватывать тросовыми стропами за одну, две и более точек. При наклонном положении стропов (рис. VIII.2,*д*) усилие в каждой ветви определяют по формуле

$$S = \frac{Q}{m}\,\frac{1}{\cos\alpha}\ н(кгс), \quad \text{(VIII.10)}$$

где Q — вес поднимаемой конструкции, *н*(*кгс*); m — расчетное число ветвей стропа; α — угол отклонения стропа от вертикали ($^1/\cos\alpha = 1{,}15$; 1,41 и 2 при $\alpha = 30$; 45; 60°).

Тросовые стропы — наиболее простые и универсальные захватные приспособления, их применяют для подъема фундаментных блоков, колонн, плит, стеновых панелей, лестничных маршей и др. Эти конструкции поднимают также специальными захватными приспособлениями.

Блоки и полиспасты. Блоки применяют для уменьшения силы, требуемой для подъема и перемещения грузов (грузовые блоки в полиспастах) или для изменения направления движения троса (отводные блоки). Блоки входят в состав большинства грузоподъемных машин.

Различают блоки *одноролико́вые*, применяемые как отводные и для подъема легких грузов, и *многороликовые* — для подъема тяжелых грузов.

Полиспасты широко распространены в качестве самостоятельного простейшего грузоподъемного устройства, а также в виде составной части грузоподъемных машин.

Полиспаст состоит из системы блоков и роликов, через которые пропущен трос. В систему входят неподвижный блок, закрепленный на опоре, подвижный блок, на котором укрепляют крюк для подъема грузов, и отводные ролики. В неподвижном и подвижном блоках может быть по одному, два и более роликов. Один конец троса, запасованного в полиспаст, закрепляют на неподвижном или подвижном блоке, а другой — через отводные ролики на лебедке.

В полиспасте различают *рабочие нитки*, непосредственно удерживающие подвижный блок и груз, *мертвый конец*,

закрепленный на одном из блоков, и *сбегающий конец*, сходящий с блока полиспаста к лебедке.

При выборе полиспаста надо определить усилие, приходящееся на одну рабочую нитку $S_н$, которое передается через сбегающий конец на лебедку. Это усилие определяют по формуле

$$S_н = G/K_п \quad н(кгс), \qquad (VIII.11)$$

где G — вес поднимаемого груза, *н* (*кгс*); $K_п$ — коэффициент, учитывающий количество рабочих ниток в полиспастах, количество отводных роликов и трение во всех роликах (принимают его по справочникам).

Зная усилие $S_н$, по ГОСТ подбирают диаметр троса для полиспаста и проверяют его соответствие диаметру роликов в блоках.

Домкраты и домкратные подъемники. Для вспомогательных работ при монтаже строительных конструкций (подъем и опускание на небольшую высоту, смещение конструкций при выверке, передвижка зданий и сооружений), а также для оборудования специальных домкратных подъемников используют реечные, винтовые и гидравлические домкраты.

Реечные домкраты имеют малую грузоподъемность — до 5 *т* и обеспечивают подъем на высоту до 45 *см*. Грузоподъемность винтовых домкратов достигает 25 *т*, высота подъема — до 35 *см*. Они более безопасны в работе. Наиболее мощными являются гидравлические домкраты, которые чаще других применяют на монтажных работах. Их выпускают грузоподъемностью от 5 до 300 *т*. Высота подъема за один ход поршня — 100—1600 *мм*.

Гидравлические домкраты используют также для оборудования специальных домкратных подъемников. Наибольшее распространение в строительстве получили ленточные домкратные подъемники.

Лебедки. Ручные и приводные лебедки используют для разгрузки, подтаскивания и подъема сборных элементов, для натяжения вант и для оборудования кранов и подъемников. Лебедки характеризуются в основном тяговым усилием, скоростью наматывания каната и канатоемкостью. Требуемое *тяговое усилие* лебедки определяют по усилию в сбегающем канате полиспаста. *Скорость*

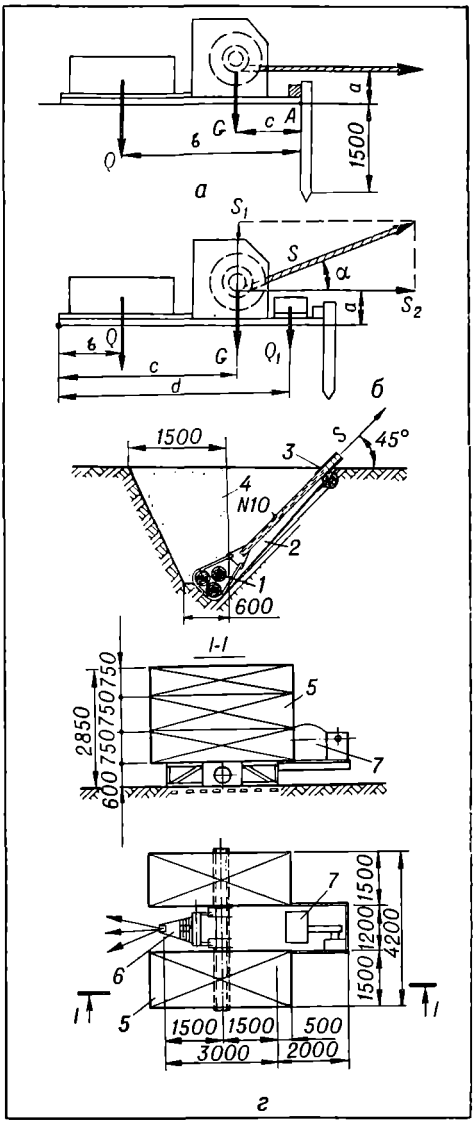


Рис. VIII.3. Схемы крепления лебедок и устройства якорей:

а — крепление лебедки с горизонтально направленным усилием свайным якорем и одним противовесом; *б* — то же, с усилием, направленным под углом, двумя противовесами; *в* — горизонтальный якорь; *г* — схема устройства наземного сборного якоря; *1* — заглубленный якорь из бревен; *2* — траншея; *3* — тяга; *4* — земляная засыпка якоря; *5* — сборные железобетонные блоки; *6* — захват для крепления полиспаста натяжения вант; *7* — лебедка для натяжения полиспаста.

подъема груза изменяется в зависимости от количества ниток в полиспасте. *Канатоемкость* определяет длину каната, помещающегося на барабане лебедки.

По канатоемкости лебедку подбирают в зависимости от высоты подъема груза и количества ветвей в полиспасте. Если груз нужно поднять на 20 *м*, а полиспаст имеет 4 нитки, то общая длина каната должна быть равна $20 \times 4 = 80$ *м*, а канатоемкость, принимаемая с некоторым запасом, будет равна примерно 100 *м*.

Для придания лебедкам устойчивости во время работы их устанавливают на специальных площадках и закрепляют якорями и грузом (рис. VIII.3,*а*,*б*). Вес груза, удерживающего лебедку, определяют расчетом.

Якоря. Для крепления лебедок, вант, полиспастов и расчалок применяют деревянные свайные и горизонтальные, стальные винтовые и наземные сборные бетонные и железобетонные якоря. В некоторых случаях в качестве якорей для закрепления расчалок используют ранее установленные элементы (фундаменты, основания колонн и др.).

Свайные якоря служат для крепления вант с небольшими усилиями — до 100 *кн* (10 *тс*). Свайные якоря бывают одно-, двух- и трехрядные. Для увеличения сопротивления грунта смятию перед сваей, на глубине 30—50 *см* от поверхности, укладывают отрезок бревна.

Горизонтальные якоря, представляющие собой одно или несколько бревен, горизонтально уложенных в траншею и засыпанных землей (рис. VIII.3,*в*), являются более мощными. Для усиления горизонтального якоря перед ним и на него устанавливают деревянные щиты из брусьев. Такие усиленные якоря могут выдерживать нагрузки до 300—400 *кн* (30—40 *тс*).

Для устройства винтовых якорей не надо выполнять земляных работ. На глубину до 2,5—3 *м* можно завинчивать в любые грунты (кроме скальных) с помощью рычагов, а на бо́льшую глубину — специальными механизмами. Эти якоря после окончания работ можно вывинчивать для повторного использования.

Наземные якоря с упорными стенками (рис. VIII.3,*г*) наиболее экономичны по стоимости и наименее трудоемки по устройству. Они представляют собой металлическую площадку, на которую укладывают железобетонные блоки, количество и масса которых зависит от грузоподъемности якоря. На консольной площадке якоря устанавливают лебедку для натяжения сбегающей нитки полиспаста, к которому крепятся ванты.

В качестве временных якорей используют также деревянные или металлические ящики, заполненные песком или камнем. Для перестановки бетонных якорей на них имеются петли. На ящиках для этой цели закрепляют скобы. Чтобы рассчитать якорь, надо определить действующие на него монтажные усилия и проверить его устойчивость.

Глава 3

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

Элементы конструкций перевозят на строительные площадки с заводов-изготовителей и внутри строительных площадок с центральных складов на объекты автомобильным и железнодорожным, а иногда водным транспортом. Автомобили используют бортовые, полуприцепы-тяжеловозы и специальные, предназначенные для транспортирования определенных видов конструкций.

§ 1. ПЕРЕВОЗКА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В большинстве случаев стальные конструкции перевозят по железной дороге, и только при близком расположении завода-изготовителя и для внутрипостроечных перевозок используют автомобильный транспорт.

Железнодорожные платформы применяют двух- и четырехосные грузо-

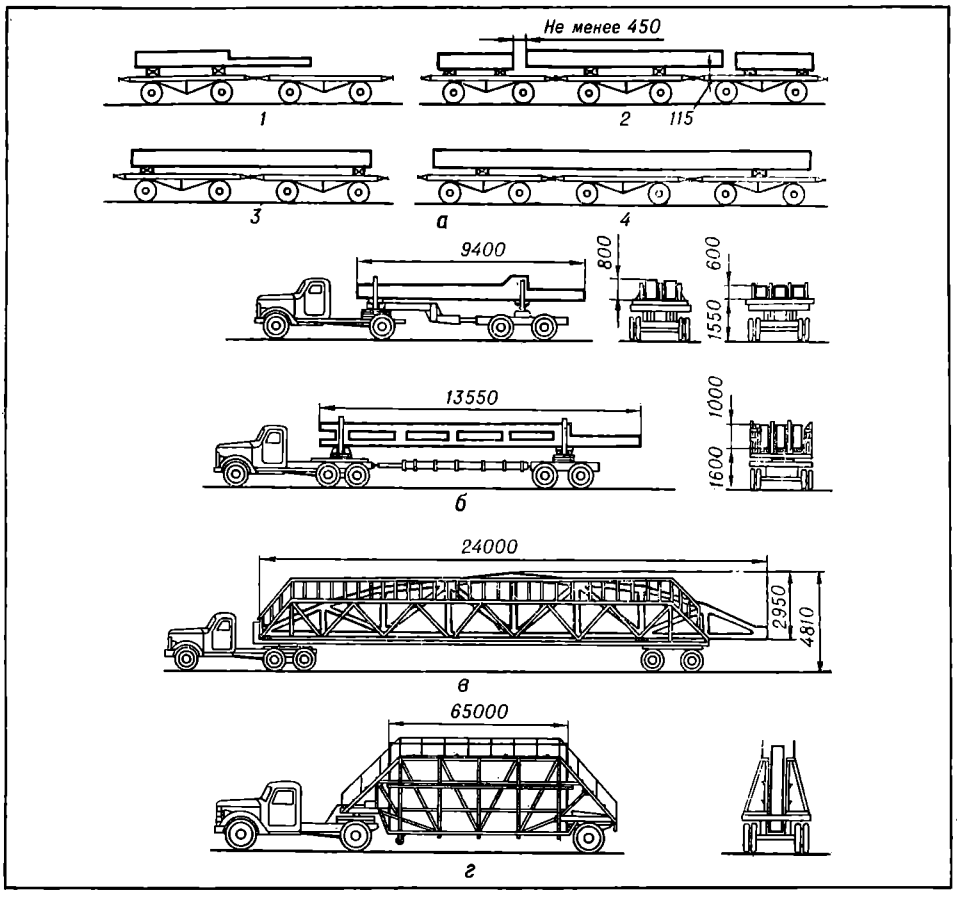


Рис. VIII.4. Схемы перевозки конструкций железнодорожным и автомобильным транспортом:
а — укладка конструкций на железнодорожных платформах; *б* — перевозка на автотягачах с прицепами железобетонных колонн; *в* — то же, ферм; *г* — то же, стеновых панелей; *1* — на одной платформе с прикрытием с одной стороны; *2* — то же, с двух сторон; *3, 4* — на двух и трех платформах с поворотными опорами.

подъемностью 16,5; 20 и 65 *т* с погрузочными площадками длиной соответственно 9,1; 9,2 и 13 *м*. Конструкции на них размещают, сохраняя габариты, установленные правилами перевозки грузов по железной дороге, и надежно закрепляют их. При погрузке конструкций на сцеп из двух-трех платформ обеспечивают независимость их поворота.

На платформах конструкции укладывают на подкладки и закрепляют проволочными скрутками. Если конструкции длиннее погрузочной площадки, а их масса не превышает ее грузоподъемности, их можно грузить на одну платформу, а выступающие части (свесы) располагать над одной или двумя соседними платформами (прикрытие), не опирая на них (рис. VIII.4,*а*). При свесах по обе стороны несущей платформы конструкции размещают симметрично. Платформы прикрытия могут быть загружены более мелкими элементами конструкций. На сцепах из трех платформ конструкции опирают на две крайние, которые должны быть оборудованы поворотными опорами-турникетами. Перевозку негабаритных конструкций в каждом случае разрешает только управление железной дороги.

Конструкции простого очертания — балки, прогоны, связи и т. п.— грузят

на платформы в несколько рядов, укладывая между ними деревянные прокладки. На платформах (по бокам) устанавливают вертикальные стойки и стягивают их проволокой, закрепляя конструкции. Балки и фермы перевозят в вертикальном положении. Если их габариты и масса допускают, на балки может быть уложен второй ряд балок плашмя.

На платформе конструкции располагают ближе к продольной оси и симметрично относительно нее. Если тяжелые конструкции нельзя расположить симметрично, под них укладывают продольные лежни во всю длину платформы.

§ 2. ПЕРЕВОЗКА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Как правило, железобетонные конструкции доставляют на строительные площадки с заводов и полигонов, расположенных в районе строительства, поэтому для этой цели используют главным образом автомобили и лишь при далеких перевозках — железнодорожный транспорт.

Кроме требований, предъявляемых к перевозке стальных конструкций и обязательных также для железобетонных, надо соблюдать и такие правила:

высота конструкций, установленных на автотранспортные средства, не должна превышать дорожных габаритов;

длинные элементы, а также выходящие за дорожные габариты перевозят по согласованию с Госавтоинспекцией и преимущественно в ночное время;

железобетонные конструкции укладывают на деревянные подкладки, а при погрузке их в несколько рядов между ними в одной вертикальной плоскости (ближе к концам конструкций) располагают деревянные прокладки;

конструкции с односторонним армированием (плиты и балки) надо укладывать рабочей арматурой вниз (для этого на них имеются пометки).

Колонны перевозят на автомобилях с полуприцепами-роспусками (рис. VIII.4, *б*). В зависимости от грузоподъемности машин и массы колонн их перевозят по одной, две или по три. При этом опоры на машинах и полуприцепах оборудуют гребенками, свободно поворачивающимися на вертикальной оси.

Фермы доставляют на специальных полуприцепах-фермовозах с приспособлениями для закрепления ферм в вертикальном положении. Широко используют фермовозы для перевозки ферм длиной 18—24 *м*, а если возможен разворот на углах улиц, также для доставки ферм длиной 30 *м*. Эти машины оборудуют опорами корзинного типа, где фермы размещаются внутри (рис. VIII.4,*в*), или упорного типа, к которым фермы прижимают снаружи с двух сторон.

Плиты перекрытий и покрытий перевозят на автомашинах с прицепами или с полуприцепами-тяжеловозами. Плиты длиной до 6 *м* можно перевозить в кузовах бортовых машин по несколько штук, а плиты 12 × 3 *м* — на платформах-полуприцепах по одной-две.

Стеновые панели доставляют на специальных полуприцепах-панелевозах (рис. VIII.4,*г*).

Железобетонные конструкции можно перевозить на одной железнодорожной платформе без прикрытия и с прикрытием, а также на двух и трех платформах. В последнем случае платформы оборудуют поворотными опорами-турникетами.

§ 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Перевозку конструкций на строительный объект организуют на машинах без прицепов; на прицепах или полуприцепах, транспортируемых автотягачами, и на прицепах или полуприцепах, отцепляемых на объекте (либо складе) и заводе.

Конструкции разгружают на складе или ведут монтаж непосредственно с транспортных средств — «с колес». Наиболее целесообразно сочетание доставки элементов на объект на отцепляемых прицепах или полуприцепах и монтажа непосредственно с колес. При этом отпадают значительные затраты труда и времени на промежуточные разгрузочно-погрузочные работы, а значит, снижается стоимость монтажных работ.

График движения машин должен быть увязан с графиком монтажа конструкций. Тогда машины задерживаются на

строительной площадке на время, необходимое для монтажа всех доставленных элементов без одного и плюс время на снятие с машины последнего элемента, а на заводе — на время погрузки всех элементов.

При перевозке конструкций на автотягачах с прицепами или полуприцепами время задержки на строительной площадке и на заводе равно продолжительности замены прицепов или полуприцепов.

В общем виде количество транспортных единиц для бесперебойной доставки конструкций

$$N = T_{тр}/T_{р} \text{ шт.}, \qquad \text{(VIII.12)}$$

где $T_{тр}$ — продолжительность транспортного цикла; $T_{р}$ — то же, разгрузочного (монтажного) цикла.

В случае доставки конструкций на отцепляемых прицепах или полуприцепах их количество (с учетом одного, находящегося на заводе под погрузкой, и одного — под разгрузкой на объекте)

$$n = N + 2 \text{ шт.} \qquad \text{(VIII.13)}$$

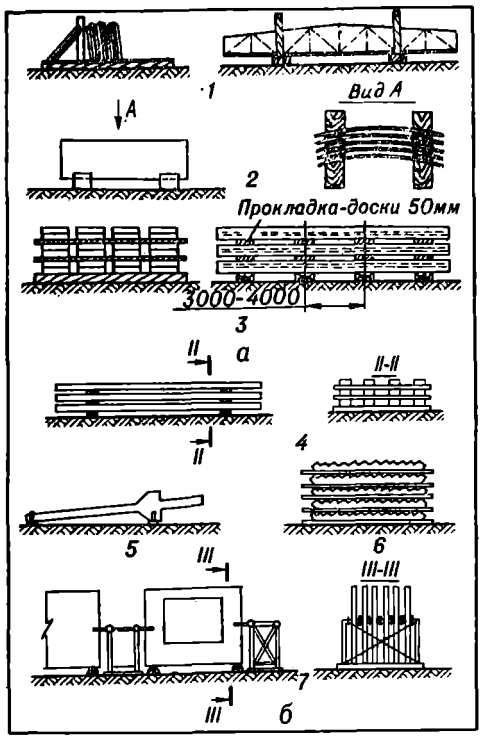


Рис. VIII.5. Схемы укладки конструкций в штабеля на складах:

а — стальных конструкций; *б* — железобетонных конструкций; *1* — фермы; *2* — вальцованные листы; *3* — металлические колонны; *4* — железобетонные колонны, уложенные плашмя; *5* — то же, в положении на ребро; *6* — лестничные марши; *7* — стеновые панели в кассетах.

§ 4. СКЛАДЫ КОНСТРУКЦИЙ

В зависимости от условий производства на строительных площадках устраивают центральные или приобъектные склады конструкций, а при монтаже их непосредственно с транспортных средств, прибывающих с завода-изготовителя, склады не нужны.

Центральные склады строительных конструкций устраивают при значительной отдаленности поставщиков и необходимости в связи с этим создать определенные запасы; когда строится большое количество объектов или когда приходится предварительно сортировать прибывающие конструкции и их элементы; в случае организации на складах предварительной обработки элементов (укрупнения, ремонта, обстройки и др.), а также при организации конвейерной сборки укрупненных блоков покрытий у объекта (см. с. 263).

На центральных складах разгруженные конструкции сортируют по маркам и объектам, ведут учет их прибытия и отгрузки, проверяют качество, составляют рекламации, ремонтируют конструкции, укрупняют их, очищают от грязи, наледи, ржавчины, подготовляют к установке (обстраивают деталями для строповки, навешивают подмости, закрепляют расчалки и т. п.) и отправляют на монтаж.

Для механизации работ по разгрузке и погрузке конструкций склады оборудуют козловыми, гусеничными, железнодорожными или башенными кранами, грузоподъемность которых должна соответствовать массе самых тяжелых конструкций, прибывающих на склад, или их массе после укрупнения.

На территории центральных складов, спланированной с уклонами, обеспечивающими сток ливневых вод, должны быть дороги для доставки и отправки

конструкций, электроосвещение, стеллажи и кассеты для хранения, ремонта и укрупнения конструкций.

Конструкции на складах хранят в штабелях в положении, близком к проектному, за исключением колонн, которые складывают в горизонтальном положении (рис. VIII.5,*а*,*3*). Стальные балки можно хранить плашмя. Железобетонные стеновые панели удобнее всего вставлять в специальные кассеты (рис. VIII.5,*б*,*7*). Нижние элементы в штабелях укладывают на деревянные подкладки, а все последующие ряды — на прокладки, которые располагают ближе к концам конструкций и в одной вертикальной плоскости. Между штабелями через каждые 25 *м* оставляют поперечные проходы шириной 0,7 *м*. Расстояние между смежными штабелями должно быть не менее 0,2 *м*.

Приобъектные склады располагают в зоне действия монтажных кранов. Штабеля на этих складах располагают так же, как на центральных. При расположении штабелей или отдельных элементов внутри пролетов зданий следует оставлять пути для монтажного крана и транспорта, доставляющего конструкции.

Глава 4

МОНТАЖ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ И ПРИЕМЫ

Технология монтажа конструкций определяется совокупностью организационных и технических способов и приемов, выбранных для выполнения этого комплексного процесса (см. схему рис. VIII.6).

Степень укрупнения конструкций зависит от грузоподъемности наличных или намеченных к получению кранов, от возможностей доставки укрупненных блоков к месту монтажа и от экономической эффективности монтажа зданий укрупненными блоками.

Здания и сооружения можно монтировать из отправочных элементов, конструктивных элементов, блоков конструкций, конструктивно-технологических блоков или поднимать целые сооружения.

Из отдельных отправочных элементов (россыпью) (рис. VIII.7, *а*) конструкции собирают только в тех случаях, когда на стройке нет достаточно мощных монтажных кранов для подъема и установки заранее укрупненных конструктивных элементов или когда нужно установить небольшое количество конструкций и устраивать стенды для их укрупнения экономически нецелесообразно.

Наибольшее распространение получило на строительстве предварительное укрупнение до целых конструктивных элементов (колонн, ферм и др.), которое производят на специальных площадках, центральных складах или на стендах в зоне действия монтажных кранов (рис. VIII.7,*б*).

С появлением монтажных кранов большой грузоподъемности все чаще переходят к монтажу зданий и сооружений блоками конструкций, которые могут состоять из двух ферм, соединенных временными связями (гибкий блок) либо постоянными (жесткий блок), или из всех элементов конструкций покрытия на одну ячейку здания (подстропильных и стропильных ферм, связей, элементов кровли, утепления и кровельного покрытия с уложенными по фермам элементами коммуникаций). Масса такого блока 40—60 *т* (рис. VIII.7,*в*).

Конвейер для сборки таких блоков (рис. VIII.7,*е*) устраивают снаружи вдоль монтируемого здания или в его торце. В некоторых случаях часть конвейера может быть расположена и внутри здания.

Конвейер представляет собой передвижные тележки, на которых по мере их продвижения на каждом посту производят часть укрупнительных процессов и операций. Устройство таких конвейеров

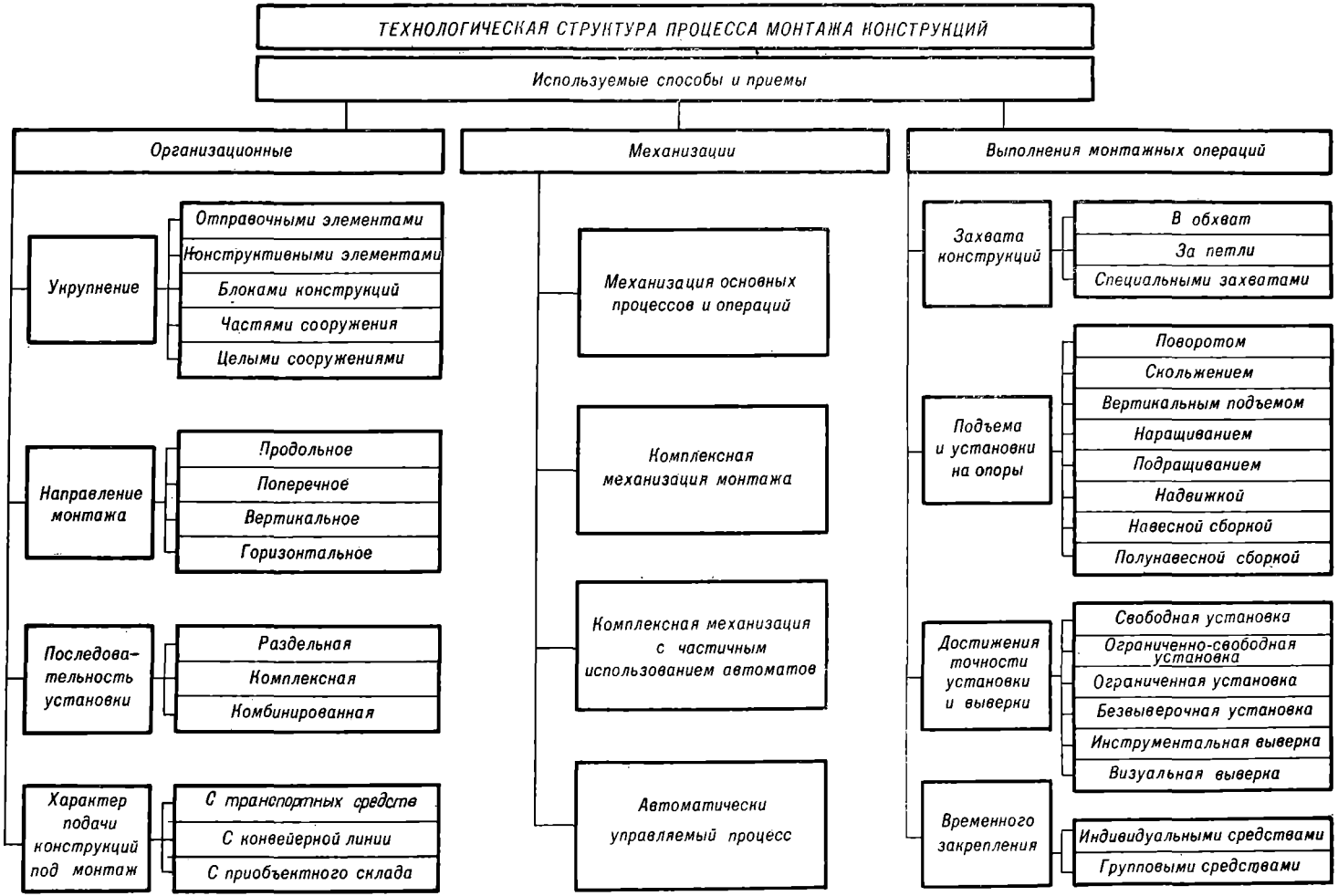


Рис. VIII.6. Организационные и технические способы и приемы монтажа строительных конструкций.

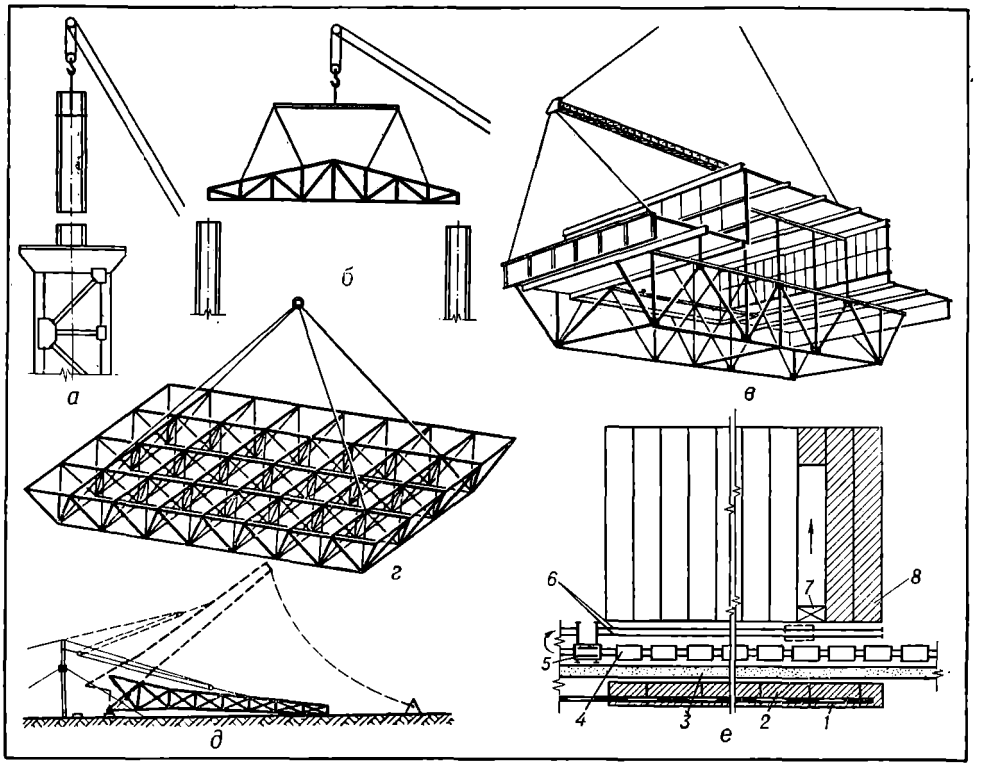


Рис. VIII.7. Схемы установки конструкций при различной степени укрупнения:

а — колонн — отдельными отправочными элементами; *б* — ферм — конструкциями, собранными на земле; *в* — блока конструкций покрытия, собранного на конвейере; *г* — блока структурных конструкций покрытия из трубчатых элементов; *д* — мачты ЛЭП, полностью собранной на земле; *е* — схема конвейера для сборки блоков покрытия одноэтажного промышленного здания (план); *1* — железнодорожный путь для подачи элементов на склад; *2* — склад металлоконструкций; *3* — площадка для обслуживания конвейерной линии; *4* — конвейерная линия; *5* — тележка для подачи блоков на рельсовый путь; *6* — рельсовый путь для подачи блоков под монтаж; *7* — готовый блок покрытия, направляемый под монтаж; *8* — возводимый корпус.

требует дополнительных затрат и потому целесообразно только при достаточно большой площади покрытий монтируемого здания.

Обязательному укрупнению в блоки покрытия на ячейку подлежат *легкие структурные конструкции* (типа «Берлин» и др.), собираемые из трубчатых или прокатных элементов на земле в радиусе действия монтажного крана (рис. VIII.7,*г*).

В некоторых случаях блоки покрытия массой 500—1000 *т* на половину или на целую секцию здания собирают в зоне их последующей установки на земле с помощью более легких кранов, чем при сборке на высоте. При этом отпадает необходимость в устройстве подмостей. Подъем таких блоков осуществляется специальными подъемниками (ленточными-домкратными и др.).

В блоки укрупняют также *листовые конструкции*. Например, блоки поясов собирают в зоне монтажного крана, затем поднимают на место; стенки резервуаров, собранные на специализированных заводах и свернутые в рулоны, на строительной площадке разворачивают и устанавливают в проектное положение.

Конструктивно-технологические блоки в отличие от блоков конструкций до подъема частично оснащают технологическим оборудованием или его элементами и устройствами (вентиляционные трубы, электрооборудование и др.).

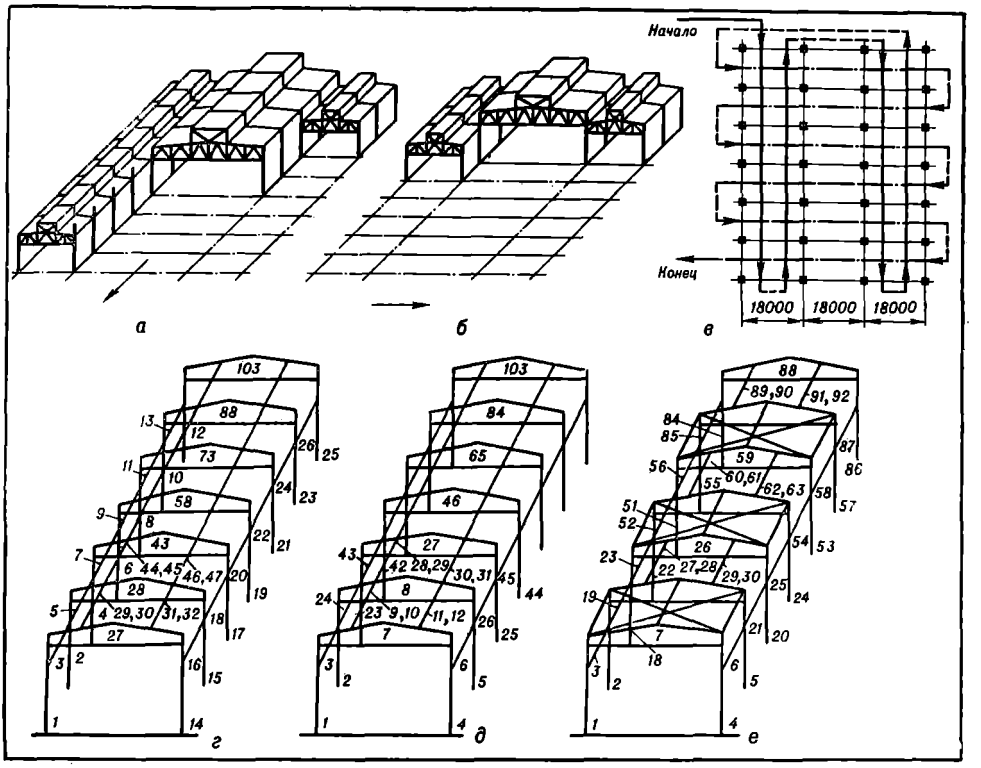


Рис. VIII.8. Направления и последовательность установки конструкций:

направления монтажа: *а* — продольное; *б* — поперечное; *в* — комбинированное; установка конструкций: *г* — раздельная; *д* — комплексная; *е* — комплексная при монтаже конструкций блоками из спаренных ферм со связями. На рис. *в* сплошной линией обозначен монтаж колонн; штриховой с точками — монтаж подкрановых балок и покрытий; штриховой — холостой ход крана. На рис. *г—е* числами указана последовательность установки конструкций, причем нумерация железобетонных плит покрытия пропущена.

Укрупнение на земле элементов в целые сооружения осуществляют при монтаже высотных инженерных сооружений с малой площадью опирания: стальных труб, мачт линий электропередач (ЛЭП), радиомачт и радиобашен, высоких технологических резервуаров химических заводов и др. (рис. VIII. 7,*д*). Укрупнительную сборку ведут на стеллажах или шпальных клетках в зоне установки.

Экономическая эффективность укрупнения конструкций обеспечивается сокращением количества монтажных элементов, уменьшением объема работ по устройству подмостей и работ, выполняемых на высоте в неудобном положении, и, наконец, созданием безопасных условий работы.

Направление монтажа может быть продольным, при котором кран перемещается вдоль пролетов, последовательно устанавливая конструкции в каждом из них (рис. VIII.8,*а*), и поперечным, когда кран перемещается поперек здания и конструкции устанавливают последовательно сначала в первых ячейках всех пролетов, затем в последующих (рис. VIII.8, *б*).

Иногда используют комбинированный способ: часть конструкций (колонны) устанавливают продольным способом, а остальные (подкрановые балки, элементы покрытия) — поперечным (рис. VIII.8,*в*).

Вертикальное направление монтажа характерно для возведения раз-

личных высоких конструкций или сооружений.

В горизонтальном направлении монтируют мосты, трубопроводы и другие горизонтально расположенные сооружения.

Последовательность установки конструкций определяет, какие из них устанавливают в первую очередь и какие вслед за ними.

При раздельной последовательности краном в каждую проходку устанавливают конструкции одного вида: например, в первую проходку — колонны, во вторую — подкрановые балки, в третью — элементы покрытия (рис. VIII.8,*г*).

Комплексная последовательность установки характерна тем, что кран в одной зоне (или с одной стоянки) устанавливает все конструкции в радиусе своего действия; в большинстве случаев это конструкции одной-двух ячеек здания (рис. VIII.8,*д*,*е*).

Бывает, что целесообразно сочетать оба вида последовательности: тогда часть конструкций устанавливают раздельно, а часть — комплексно.

Характер подачи конструкций под монтаж зависит от дальности их доставки и организации перевозки, от степени и характера укрупнения конструкций.

Различают подачу под монтаж с колес, подачу на специальных тележках с конвейерной линии (см. рис. VIII. 7,*е*), предварительную завозку конструкций на приобъектный склад и укладку в зоне монтажного крана в штабеля.

§ 2. СПОСОБЫ МЕХАНИЗАЦИИ

Механизация основных операций охватывает транспортно-монтажные операции — подъем и опускание конструкций, осуществляемые краном, и подачу раствора или бетона для заделки стыков и швов. При этом многие операции рабочие выполняют вручную.

Комплексная механизация монтажа касается всех процессов и операций по захвату, подъему и установке, выверке, заделке стыков и швов.

Полуавтоматизация процесса достигается частичным применением автоматов по управлению движением кранов или другими операциями при механизации остальных операций.

Автоматически управляемый процесс монтажа означает, что все монтажные операции выполняют по заранее рассчитанной программе машины и устройства, управляемые автоматами (координатный способ). Рабочие только обеспечивают контроль за работой автоматов.

§ 3. СПОСОБЫ И ПРИЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ МОНТАЖНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Захват конструкций для их подъема выполняют с помощью различных захватных приспособлений.

В зависимости от характера конструкций их захватывают различными приемами: в обхват (балки, колонны и др.), за петли (железобетонные плиты, блоки и пр.) или специальными захватами (металлические и железобетонные конструкции).

Все захватные приспособления по их назначению бывают *универсальными* (они пригодны для захвата многих видов конструкций) и *специализированными* — для отдельных видов конструкций.

По способу управления применяют *управляемые захваты*, которые можно раскрывать, находясь на некотором расстоянии от них (дистанционные), и *неуправляемые*, для раскрытия (или отцепки) которых монтажник должен к ним добраться. Управляемые захваты могут иметь электропривод или электромагнит, облегчающие управление их раскрытием после установки конструкций.

Подъем и установку конструкций на опоры можно осуществлять поворотом, скольжением, вертикальным подъемом, наращиванием, подращиванием, надвижкой (накаткой), навесной или полунавесной сборкой.

Поворотом поднимают вертикальные конструкции — колонны, мачты, трубы и др. (рис. VIII.9, *а*). База конструкции должна находиться на опоре, а в некоторых случаях может быть шарнирно закреплена на ней. По мере подъема конструкции краном или

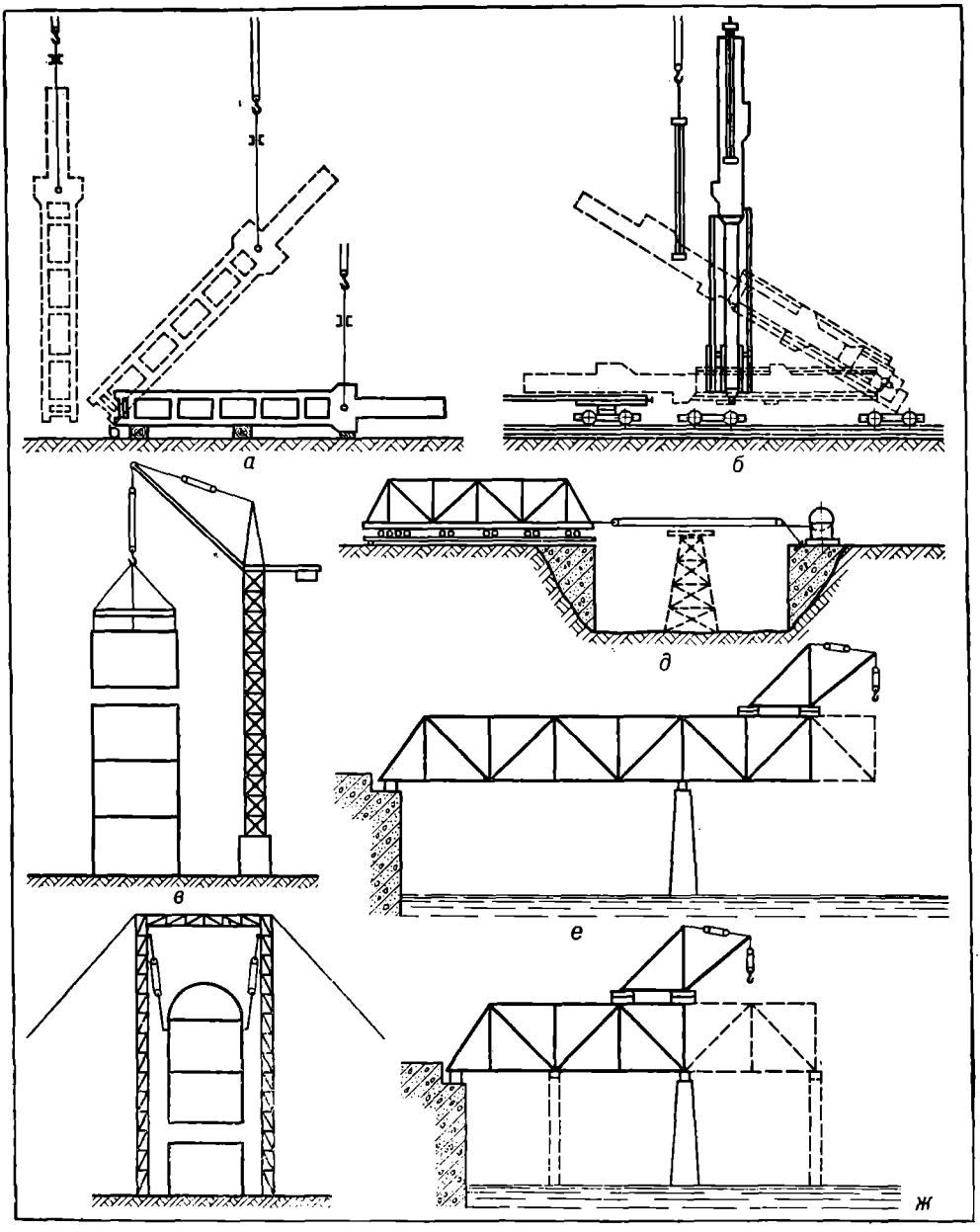


Рис. VIII.9. Способы подъема и установки конструкций на опоры:
а — поворотом; *б* — скольжением; *в* — наращиванием; *г* — подращиванием; *д* — надвижкой; *е* — навесным способом; *ж* — полунавесным.

подъемниками база остается на месте, а верх конструкции постепенно поднимают до придания конструкции вертикального положения.

Скольжением можно поднимать те же конструкции (рис. VIII.9, *б*). При этом одновременно с подъемом верха конструкции база ее скользит по направляющим (или перемещается на тележке) и подтягивается к опоре.

Вертикальный подъем используют для всех конструкций, устанавливаемых на ранее закрепленные.

Вертикальные сооружения возводят способами наращивания (рис. VIII.9, *в*), когда вышележащие конструкции устанавливают на смонтированную часть сооружения, и подращивания (рис. VIII.9, *г*). В этом случае сначала устанавливают верхнюю часть сооружения, затем ее поднимают на некоторую высоту, подводят под нее следующую от верха часть и соединяют их вместе и так последовательно поднимают смонтированную часть сооружения до окончания монтажа на полную высоту. Эти способы применяют при монтаже башен, высоких резервуаров и зданий.

Способ надвижки (накатки) конструкций (рис. VIII.9,*д*) используют при монтаже протяженных сооружений (мостов, путепроводов, ферм покрытия и др.), а также если сооружение частично или полностью смонтировано в стороне от опор.

Навесная сборка заключается в установке (навеске) конструкций на ранее установленные без их опирания на другую опору до окончания монтажа целого пролета (рис. VIII.9,*е*). Полунавесная сборка отличается тем, что навешиваемые элементы в пролете частично опирают на временные опоры (рис. VIII.9,*ж*). Оба эти способа применяют чаще всего для монтажа неразрезных пролетных сооружений мостов и других пространственных горизонтально расположенных конструкций.

Достижение точности установки конструкции определяется приемами и средствами, которые используют при монтаже. Большинство конструкций устанавливают свободно, не применяя средств, ограничивающих их перемещение.

Конструкции имеют шесть степеней свободы перемещения, и точность их установки зависит от точности самих конструкций, опыта монтажников и тщательности контроля.

При ограниченно-свободной установке используют приспособления, частично ограничивающие свободу перемещения устанавливаемых элементов в одном или нескольких направлениях (фиксаторы, кондукторы и др.).

Ограниченная установка достигается применением оборудования, ограничивающего перемещение элементов во всех направлениях. К такому оборудованию относятся установочные туры с набором калиброванных распорок, рамно-шарнирные индикаторы и др.

Выверка конструкций состоит из контроля положения элементов после их установки и исправления положения при отклонениях, превышающих допустимые.

Безвыверочная установка возможна только для конструкций, изготовленных с высокой точностью. Например, колонны изготовляют с фрезерованными торцами, и с такой же точностью должны быть изготовлены опоры для их установки.

Инструментальная выверка — наиболее распространенный способ проверки положения смонтированных конструкций. Для этого используют теодолиты, нивелиры и другие геодезические инструменты.

Визуальная выверка не обеспечивает высокой точности измерений, так как зависит в основном от опыта проверяющего, который пользуется простейшими средствами: отвесами, линейками, шаблонами и т. п.

Временным закреплением конструкций после их выверки достигают устойчивости конструкций в проектном положении. Для этой цели используют индивидуальные средства — клинья, расчалки, подкосы, распорки — или групповые — кондукторы, рамно-шарнирные индикаторы и др.

МОНТАЖ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. МОНТАЖ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ

Стальные конструкции каркасов зданий (колонны, балки, фермы, связи) устанавливают на место россыпью, отдельными конструкциями и блоками конструкций.

До начала монтажа каркаса проверяют правильность установки фундаментов и анкерных болтов. Положение фундаментов выверяют геодезическими инструментами. При этом проверяют отметку поверхности фундаментов или опорных листов, их положение в плане относительно продольных и поперечных осей, отметки и положение в плане анкерных болтов и длину их нарезки. Фактическое положение фундаментов и анкерных болтов фиксируют на исполнительном чертеже и сверяют с проектными размерами.

Отклонения при проверке осей фундаментов под стальные колонны не должны быть больше указанных в СНиП. Особенно тщательно проверяют положение фрезерованных поверхностей плит, уложенных на фундаменты для безвыверочной установки колонн.

Если отклонения превышают допустимые, фундамент надо исправить.

Монтаж колонн. Стальные колонны обычно устанавливают целиком, а тяжелые собирают из двух-трех элементов.

Процесс установки колонны в проектное положение состоит из операций ее захвата, подъема, наводки на опоры или в стык, выверки и закрепления.

Колонну захватывают стропами или полуавтоматическими захватными приспособлениями (рис. VIII.10,*а,б*). Под стропы, в местах соприкосновения со стальными элементами колонн, кладут подкладки (деревянные или из труб, разрезанных вдоль пополам). Перед подъемом на колонну навешивают лестницу (рис. VIII.10,*в*) для последующего снятия стропов.

Подъем колонн производят поворотом или скольжением (рис. VIII.9,*а,б*).

Точность установки колонн зависит от характера опирания их башмаков на фундаменты. Различают следующие способы опирания башмаков: а) непосредственно на поверхность фундаментов, возведенных до проектной отметки, без последующей подливки цементным раствором (для колонн с фрезерованными подошвами башмаков); б) на заранее установленные, выверенные и подлитые цементным раствором стальные опорные плиты с верхней строганой поверхностью (для колонн с фрезерованными подошвами башмаков); в) на заранее установленные опорные детали — балки, рельсы — или на бетонные ребра, опорная поверхность которых выверена, с последующей подливкой башмаков колонн цементным раствором.

На практике применяют и более упрощенный метод опирания башмаков колонн на поверхности фундаментов, не доведенных до проектной отметки на 2—3 *см*. В этом случае башмаки устанавливают на две-три металлические подкладки, которые сваривают между собой и приваривают к башмаку. Количество подкладок и их расположение определяют, когда выверяют колонны. После установки и закрепления колонн их башмаки подливают цементным раствором.

При стыковании элементов колонн по вертикали верхний элемент поднимают и на весу наводят в стык с подмостей, укрепленных на нижней ветви колонн. Выверяют колонны геодезическими инструментами и отвесами. При этом проверяют положение колонн в плане, их вертикальность и отметки опорных поверхностей для конструкций, устанавливаемых на колонны. Отклонения от проектных размеров не должны превышать допускаемых.

Колонны, как правило, закрепляют анкерными болтами.

Колонны высотой до 15 *м* с узкими башмаками закрепляют на фундаментах двумя или четырьмя болтами и дополнительно в плоскости наименьшей устойчивости — рас-

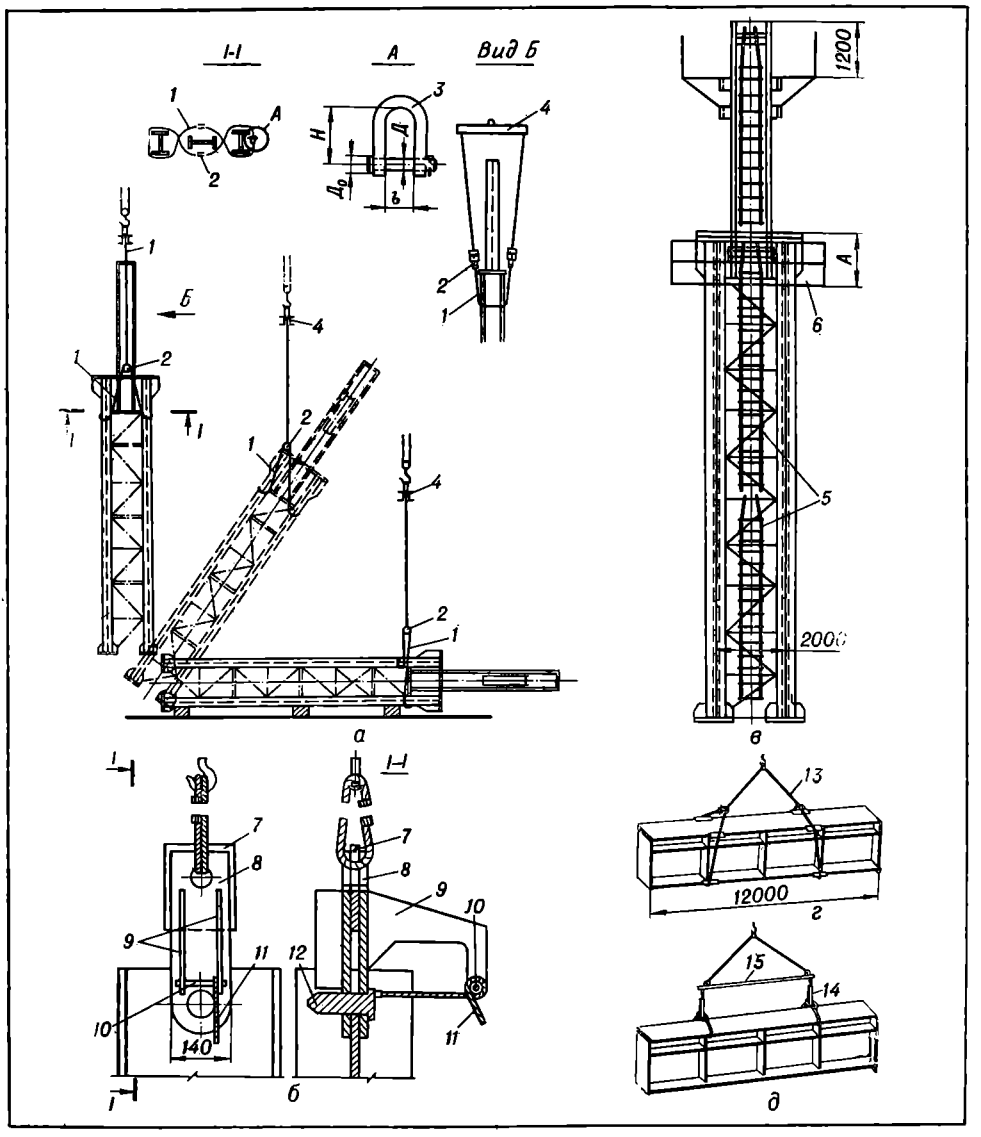


Рис. VIII.10. Схемы захвата и обстройки стальных колонн и балок:

а — строповка колонны облегченными стропами; *б* — полуавтоматический захват для подъема стальных колонн двутаврового сечения; *в* — колонна с навешенными на нее лестницей и подмостями; *г* — захват балки облегченными стропами; *д* — то же, клещами; *1* — строп; *2* — блоки траверсы; *3* — замок для закрепления стропов; *4* — траверса; *5* — секции навесных лестниц; *6* — навесные подмости; *7* — прокладка; *8* — щеки захвата; *9* — кронштейн для натяжного ролика; *10* — ролик для натяжения шнура; *11* — шнур (тросик) для выдергивания штыря; *12* — штырь замка; *13* — облегченный строп; *14* — клещи; *15* — траверса для подъема балок.

чалками, которые крепят к соседним фундаментам или переносным якорям и снимают после окончательного закрепления колонн. Колонны высотой более 15 *м* и шарнирно опертые в дополнение к анкерным болтам закрепляют способами, специально разрабатываемыми для каждого случая (четырьмя расчалками, подкосами, распорками и др.).

Для придания колоннам устойчивости рекомендуется вслед за установкой очередной колонны монтировать связи и подкрановые балки. Если первая пара колонн установлена без постоянных связей, надо сразу закрепить их временными связями.

Монтаж балок. Процесс установки балок так же, как и колонн, включает операции захвата, подъема и установки на опоры или заводки в стык, выверки и закрепления.

Стальные балки *захватывают* стропами или клещами (рис. VIII.10, *г, д*). Под стропы укладывают защитные прокладки. Легкие балки, ригели и т. п. можно поднимать группами в обойме, что дает возможность лучше использовать грузоподъемность крана.

Балки *поднимают* и на весу *опускают* на опоры. Наводят балки на опоры рабочие, находящиеся на подмостях, установленных на колоннах (рис. VIII.10, *в*).

Тяжелые балки (например, подкрановые в мартеновских цехах и др.) монтируют из отдельных элементов, соответствующих грузоподъемности монтажного крана. Для опирания частей балок до их окончательного закрепления в местах их стыковки в пролете устанавливают временные монтажные опоры.

Тяжелые балки можно также поднимать целиком двумя кранами большой грузоподъемности. Экономичность выбранного способа должна быть проверена расчетами.

Балки перекрытий и подкрановые балки *выверяют* в процессе их установки до снятия крюка крана. Подкрановые пути, требующие повышенной точности установки, выверяют участками (между температурными швами) после того, как выверены и закреплены конструкции основного каркаса здания (колонны, фермы, связи, балки).

Выверка подкрановых балок геодезическими инструментами, уровнем и стальной лентой включает проверку их положения в плане, отметок верхних поверхностей, вертикальности стенок, расстояния между двумя параллельными балками, разности уровней балок в стыках, смещения в стыках. Положение балок исправляют ломиками, металлическими подкладками и домкратами. Отклонения от проектных размеров не должны превышать допускаемых СНиП.

Балки *закрепляют* заклепками, болтами (высокопрочными, нормальной и повышенной точности) и сваркой. Для временного закрепления балок, стыкуемых на заклепках и болтах, надо заполнить не менее 40% отверстий, в том числе 10% пробками и 30% болтами. Сварные стыки временно прихватывают. Количество, размеры и длину прихваток, воспринимающих монтажные нагрузки, определяют расчетом и указывают на чертежах.

Монтаж ферм. Фермы и связи устанавливают только после выверки и окончательного закрепления колонн и связей по ним. В большинстве случаев грузоподъемность монтажных кранов допускает монтаж укрупненных блоков, состоящих из двух ферм, рам фонарей и связей. Такие блоки собирают в зоне действия монтажного крана.

В панелях, где между двумя соседними фермами связи для придания блоку достаточной жесткости проектом не предусмотрены, устанавливают временные горизонтальные и диагональные связи, образующие *гибкий блок*.

Жесткие блоки, в которых две фермы соединены постоянными вертикальными и горизонтальными связями, достаточно устойчивы во время подъема и после установки в проектное положение.

Фермы, спаренные в монтажные блоки, *захватывают* не менее чем за четыре точки (рис. VIII.11, *а*). Для их подъема используют стропы и траверсы, оборудованные захватами дистанционного управления (рис. VIII.11, *б*). Для лучшего распределения усилий при подъеме блока траверсы располагают перпендикулярно к верхним поясам ферм, что способствует передаче на их элементы только вертикальных сил.

Конструктивные и конструктивно-технологические *блоки покрытий*, состоящие из подстропильных и стропильных ферм, фонарей, связей, прогонов, несущего настила покрытия, утепления, кровли, остекления фонарей, трубопроводов и электропроводок, со-

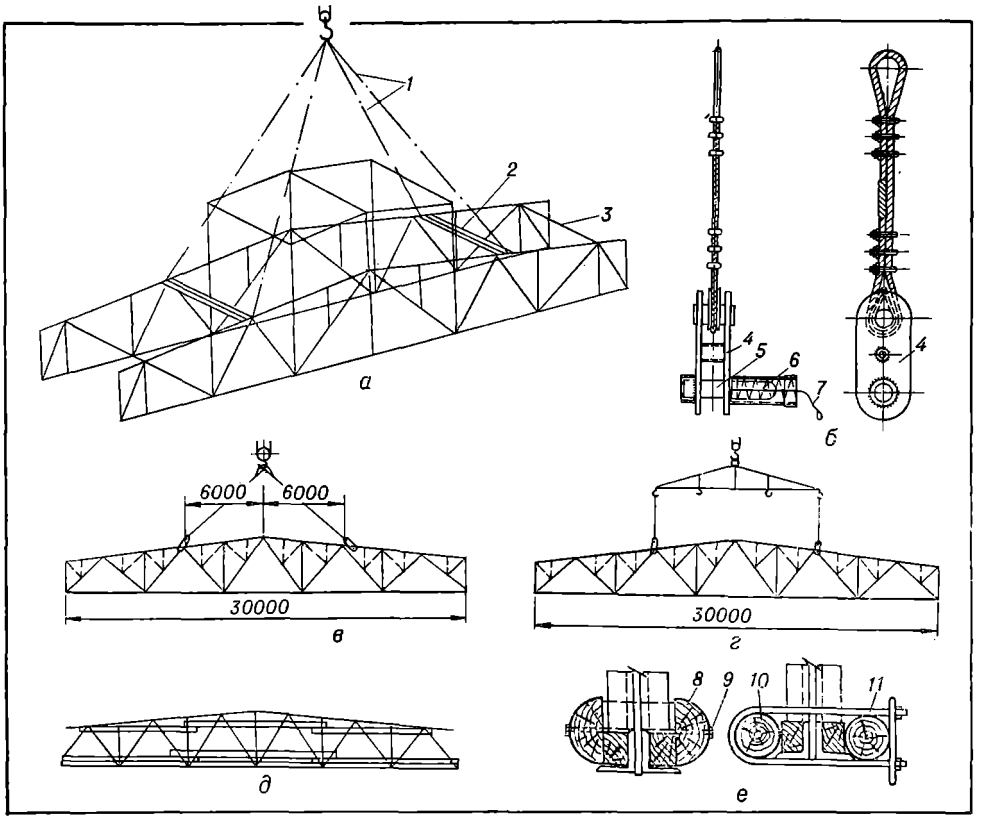


Рис. VIII.11. Схемы захвата и усиления стальных ферм и блоков покрытия:

а — захват блока из спаренных ферм; *б* — полуавтоматический захват Смаля для подъема ферм; *в* — подъем фермы облегченными стропами с захватами Смаля; *г* — подъем фермы траверсой с захватами Смаля; *д* — расположение усиления фермы; *е* — усиление нижнего пояса; *1* — стропы; *2* — траверсы; *3* — временные связи; *4* — щеки захвата; *5* — штырь запора; *6* — пружина; *7* — тросик для оттягивания штыря; *8* — усиление пластинами; *9* — болт для стягивания пластин; *10* — усиление бревнами; *11* — стягивающий хомут.

бранные на конвейерной установке, устанавливают в проектное положение кранами грузоподъемностью 50—60 *т* непосредственно с тележек, поступающих с конвейерной линии (рис. VIII.7, *е*).

Если *фермы* монтируют по одной, их захватывают за узлы верхнего пояса не менее чем в двух точках, для чего используют стропы или траверсы с захватами дистанционного управления (рис. VIII.11, *б—г*).

При подъеме фермы за две точки в ее поясах могут возникнуть усилия, противоположные расчетным,— верхний пояс будет растянут, нижний сжат. При недостаточной жесткости поясов они могут изогнуться из плоскости ферм. Чтобы избежать такой деформации, следует захватывать фермы за узлы, расстояние между которыми примерно равно 0,67 *L* (*L* — длина фермы), или захватывать фермы за четыре точки.

Если эти меры по расчету не обеспечивают достаточной устойчивости поясов ферм, их нужно усилить брусьями или пластинами, которые закрепляют с двух сторон болтами или хомутами (рис. VIII.11, *д*, *е*).

Для предотвращения раскачивания блоков или ферм при подъеме к их концам должны быть прикреплены две пеньковые оттяжки, которыми монтажники придерживают и направляют фермы.

Блоки и фермы поднимают на высоту, превышающую отметку опоры на

0,5—1 *м*, затем медленно опускают, наводя их монтажными ломиками на опорные болты, и сразу же закрепляют.

Когда фермы монтируют по одной, начинают всегда со связевой панели. Первую ферму раскрепляют не менее чем четырьмя временными расчалками, и сразу же после установки второй фермы монтируют постоянные связи. Каждую последующую ферму до снятия стропов крепят к установленным постоянными или временными связями.

Фермы выверяют сразу же после их установки. Отметки опорных узлов ферм проверяют нивелирами или переносят отметки с нижнего уровня на верхний, вертикальность ферм — отвесом, их прогиб из плоскости — натягиваемой проволокой, а расстояние между верхними поясами ферм — стальными лентами или шаблонами. Отклонения от проектных размеров возможны только в пределах, допускаемых СНиП.

Для установки ферм на смонтированные колонны навешивают подмости, а на фермы перед установкой временных или постоянных связей надо навешивать подмости вдоль нижнего пояса по всей его длине. При работе на верхнем поясе пользуются переносными люльками. Кроме того, до подъема ферм на каждой из них закрепляют трос для безопасного перемещения монтажников по нижнему поясу.

После установки, выверки и закрепления очередного блока или фермы на них укладывают плиты покрытия симметрично относительно середины пролета (от середины к краям). При наличии фонарей плиты укладывают от фонаря к краям симметрично по обе стороны от него, а потом по фонарю от края к краю.

§ 2. МОНТАЖ ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При возведении таких сооружений, как доменные печи, воздухонагреватели, трубы, вертикальные и горизонтальные резервуары, газгольдеры и т. п., 70—90% металла в конструкциях составляют листы толщиной 3—45 *мм*. Монтаж ведут отдельными листами (полистовой способ), поясами или укрупненными блоками из нескольких поясов, разворачиванием рулонов, заготовленных на специальных предприятиях, а в некоторых случаях сооружения собирают целиком на земле, затем поднимают и устанавливают в вертикальное положение.

Монтаж отдельными листами используют при сборке сооружений криволинейной поверхности — горнов доменных печей, шаровых газгольдеров и вертикальных резервуаров. Из листов также собирают отдельные пояса, блоки и целые сооружения.

Листы доставляют к месту монтажа вальцованными или выпрессованными, т. е. с поверхностью, соответствующей заданной в сооружении. Они могут прибывать не по одному, а сваренными в укрупненные отправочные элементы (по 2—3 листа).

На объекте доставленные элементы до начала монтажа могут быть укрупнены в скорлупы или пояса. При монтаже горна доменной печи, например, скорлупы вертикальной части собирают из 5—6 одиночных или из заранее спаренных листов. Собирая отдельные листы в скорлупы и пояса, их до сварки временно закрепляют скобами-фиксаторами, стяжными планками и клиньями (рис. VIII.12, *а*, *б*, *г*, *д*).

При небольших объемах работ на монтаже резервуаров днища собирают из отдельных листов, раскладывая их от середины к краям, а после выверки временно закрепляют клиновыми зажимами.

На окончательно закрепленном днище размечают положение стенки корпуса и по окружности приваривают ограничители, к которым прижимают листы первого пояса (рис. VIII.12, *в*). Все листы первого пояса между собой и к днищу временно крепят клиновыми приспособлениями. Листы устанавливают радиальным краном, укрепленным в центре днища, копром, перемещающимся по окружности снаружи, или автомобильным краном. Каждый пояс устанавливают так, чтобы вертикальные швы верхнего пояса приходились на середину листов нижнего. Выверив пояса, сваривают горизонтальные швы, затем вертикальные.

Поясами и блоками, собранными из двух-трех поясов, монтируют большое количество сооружений из листовых конструкций: кожухи доменных печей,

воздухонагреватели, резервуары, трубы и др.

При укрупнительной сборке блока поясов для лучшей их выверки во время монтажа рекомендуется на каждом блоке собирать нижний пояс вышележащего блока. После сборки и совмещения его снимают и устанавливают на стенд, на котором будут собирать следующий монтажный блок.

Отдельные блоки поднимают специальными трехветвевыми траверсами, которые обеспечивают сохранение цилиндричности поясов (рис. VIII. 12,*е*).

Перед подъемом каждого блока его обстраивают подмостями на навесных кронштейнах (рис. VIII.12. *ж*) для установки следующих блоков и сварки горизонтальных швов между ними.

Большое значение имеет точность установки каждого пояса и всего сооружения в целом. Особое внимание уделяют выверке первых поясов, от установки которых зависит точность сборки всего сооружения. При выверке поясов кожуха доменной печи проверяют эллиптичность (наибольшую разность диаметров) верхней кромки каждого пояса по четырем диаметрам, смещенным на 45° один от другого; смещение центра установленного пояса по отношению к центру, отмеченному на фундаменте (для горна) или на балке, закрепленной на уровне низа кожуха печи, и горизонтальность верхней кромки пояса. Отклонения не должны превышать указанных в СНиП.

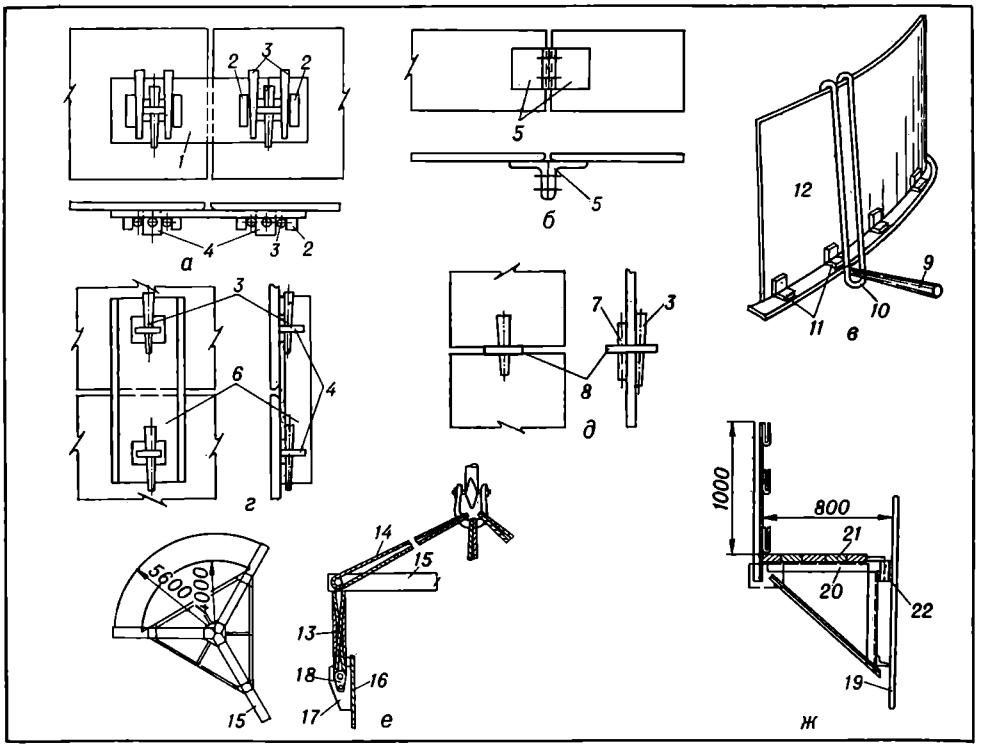


Рис. VIII. 12. Установка листовых конструкций:

а — сборочная планка для крепления листов; *б* — уголки-фиксаторы; *в* — установка листа при монтаже резервуара; *г* — сборочный швеллер; *д* — прокладка для образования зазора; *е* — трехветвевая траверса для подъема поясов (план и вид сбоку); *ж* — инвентарные подмости на навесных кронштейнах; *1* — планка; *2* — упоры; *3* — клинья; *4* — шайбы-фиксаторы; *5* — накладки из уголков; *6* — швеллеры; *7* — оправка; *8* — прокладка; *9* — ломик; *10* — двойной крюк; *11* — ограничители; *12* — первый пояс; *13* — универсальный строп для захвата; *14* — универсальный строп для подвески траверсы; *15* — траверса; *16* — лист пояса; *17* — временно привар енные косынки; *18* — захват с запорной чекой; *19* — стенка кожуха; *20* — кронштейн; *21* — настил; *22* — скоба для крепления кронштейнов.

По мере установки и выверки поясов или блоков сваривают горизонтальные швы. Сварка не должна отставать от сборки более чем на 2—3 пояса. Сваривать швы следует автоматами или полуавтоматами. Только в исключительных случаях допускается ручная дуговая сварка. Вертикальные и наклонные швы сваривают автоматическим электрошлаковым способом.

Сборка сооружений из рулонов, изготовленных на специальных установках, получает все более широкое распространение. Так собирают воздухонагреватели доменных цехов, вертикальные сварные резервуары и газгольдеры.

§ 3. ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ СТЫКОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Стыки стальных колонн, балок, ферм и листовых конструкций закрепляют болтами нормальной и повышенной точности, высокопрочными болтами и электрической сваркой. Сборку узлов конструкций стальных каркасов на заклепках теперь применяют редко, главным образом в цехах с тяжелым температурным режимом и большими крановыми нагрузками (сталеплавильных, прокатных и др.), а также в мостовых конструкциях.

Установка болтов нормальной (черные) и повышенной (чистые) точности — несложный процесс. Под головки болтов и под гайки подкладывают шайбы. Гайки завертывают пневматическими или электрическими гайковертами или ручными ключами. После затяжки гаек для их закрепления устанавливают контргайки, прихватывают их электросваркой или на нарезке делают насечки.

Высокопрочные болты отличаются от обычных тем, что обеспечивают такое плотное сжатие, при котором силы трения, возникающие между соприкасающимися элементами пакета, передают расчетные усилия, действующие на стык или узел. Чтобы избежать смятия металла под головкой и гайкой болта, под них подкладывают шайбы, изготовленные также из высокопрочной стали.

Для обеспечения требуемой по расчету величины коэффициента трения f все соприкасающиеся поверхности элементов стыков и узлов, стягиваемые высокопрочными болтами, должны быть до их сборки тщательно очищены пескоструйными аппаратами, металлическим порошком, обжигом или другим способом.

Гайки высокопрочных болтов закручивают до получения расчетной величины крутящего момента сначала пневматическими гайковертами, затем докручивают специальными тарированными ключами.

Электросварка стыков — самый распространенный вид монтажных соединений большинства стальных конструкций. Применяют ручную и автоматическую сварку. Полуавтоматической сваркой, которая эффективна только при сварке швов в нижнем положении, пользуются при укрупнительной сборке листовых конструкций.

Наиболее распространена на монтажных работах ручная электродуговая сварка, позволяющая выполнять швы в любом пространственном положении: нижнем, вертикальном, горизонтальном на вертикальной поверхности и потолочном.

Для ручной сварки применяют электроды со специальным покрытием. Их диаметр зависит от толщины свариваемого металла. На монтажных работах применяют в основном электроды типов Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55 и др. Число обозначает величину временного сопротивления наплавленного металла, а буква А — повышенное значение относительного удлинения и ударной вязкости.

Свариваемые при монтаже элементы можно соединять стыками различных типов: без скоса кромок; с Y- и X-образными швами со скосом одной или двух кромок; угловыми без скоса или со скосом одной кромки; тавровыми без скоса, с одним или двумя скосами одной кромки и нахлесточными швами.

Сварка при любом из этих типов стыковых соединений может быть односторонняя или двусторонняя.

Швы большой протяженности вручную сваривают участками длиной 300—400 *мм*. Направление сварки каждого участка противоположно направлению сварки всего шва. Этот метод, называе-

мый *обратно-ступенчатым*, обеспечивает минимальные остаточные напряжения.

При толщине металла более 8 *мм* сварной шов образуют в несколько слоев одним из распространенных способов: *секционным* или *горкой*.

Автоматическую сварку под слоем флюса применяют только для швов, расположенных горизонтально, так как в наклонном и вертикальном положении флюс удержать трудно.

Швы металлических конструкций толщиной 16 *мм* и более в наклонном и вертикальном положении соединяют электрошлаковой автоматической сваркой. Так как электрошлаковая сварка — процесс непрерывный, ее применяют в основном для сварки стыков листовых конструкций.

§ 4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

Качество сварных швов стальных конструкций проверяют внешним осмотром, просвечиванием, магнитографическим методом, ультразвуком, химической реакцией, керосином и вакуум-методом. Швы законченных сборкой резервуаров проверяют также гидравлическим способом (водой) или пневматическими испытаниями.

Внешним осмотром через лупу 5- или 10-кратного увеличения или невооруженным глазом определяют наружные дефекты сварных швов. Перед осмотром швы очищают от ржавчины, грязи и заусенцев. Обнаруженные дефекты отмечают мелом для исправления.

Просвечивание основано на способности рентгеновских или гамма-лучей проникать через толщу материала. С одной стороны на магнитных держателях закрепляют аппараты для просвечивания, а с обратной стороны — чувствительную фотопленку. В местах шва, где имеются поры, шлаковые включения или непровар, на пленке образуются более темные пятна. Просвечиванием, согласно СНиП, проверяют только часть швов. При обнаружении дефекта количество проверяемых швов удваивают.

Магнитографическим контролем швов обнаруживают поля рассеяния, которые образуются в местах дефектов при намагничивании контролируемых конструкций и фиксируются на эластичной магнитной ленте.

Ультразвук дает возможность обнаружить дефекты вследствие различного отражения направленного пучка высокочастотных звуковых колебаний от металла (сплошного сварного шва) и пустот в шве. Места контроля обильно покрывают маслом (автолом и др.) для обеспечения акустического контакта.

Химическая реакция воздействия аммиака на 4%-ный раствор фенолфталеина или 5%-ный раствор нитрата ртути используется при испытании швов, открытых только с одной стороны, например в днищах резервуаров. Для этого под днище в нескольких местах вставляют трубки, через которые подают аммиак. Чтобы последний из-под днища не просачивался, днище вдоль кромки обмазывают глиной так, чтобы между ним и основанием, на котором оно лежит, не оставалось зазоров. Швы днища смазывают водно-спиртовым раствором фенолфталеина или накладывают полосы марли, смоченные в растворе нитрата ртути. Если в швах есть поры, аммиак, проникая сквозь них, вступает в химическое взаимодействие с реагентами, которыми обмазаны сверху швы днища, окрашивая фенолфталеин в бурый цвет, а нитрат ртути — в зависимости от того, окисная она или закисная,— в белый или черный цвет. Нитрат ртути дает более четкие показания, чем фенолфталеин, на который может повлиять и некачественная очистка швов.

Керосином испытывают на плотность швы резервуаров, труб и других листовых конструкций. Используя его высокие проникающие свойства, можно обнаружить мельчайшие капиллярные отверстия. Для этого шов с одной стороны смазывают керосином, а с другой — наблюдают за ним. Если через 4—8 *ч* на поверхности не будет обнаружено керосиновых пятен, значит, шов достаточно плотен. Чтобы легче было обнаружить пятна керосина, рекомендуется сторону, не смазанную им, обмазать разведенным в воде мелом или каолином. Керосин образует на обмазке после ее высыхания желтые пятна в местах непровара.

Вакуум-метод дает более точный и быстрый результат, но он и более трудоемок. Вакуум-прибор представляет собой коробку без дна с верхней крышкой из прозрачного материала. Лучше, если крышка и стенки прибора изготовлены из эластичных материалов: тогда коробка хорошо присасывается в местах с неровностями на поверхности. На коробке сверху закреплены вакуумметр и два крана — один для отсоса воздуха, другой для подачи его после вакуумирования. От коробки труба-шланг идет к вакуум-насосу.

Для обнаружения дефектов в швах их смазывают мыльным раствором, накрывают вакуум-коробкой и включают отсос. При образовании вакуума через непровары пробивается воздух и на поверхности шва образуются пузырьки из мыльного раствора. Дефектные места отмечают мелом, затем исправляют.

Вакуум-приборами испытывают днища резервуаров и другие швы, закрытые с одной стороны.

§ 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНТАЖА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Общая продолжительность возведения здания в основном зависит от организации монтажа его каркаса. Для промышленных зданий окончание монтажа каркаса или его части означает, что можно монтировать технологическое оборудование.

Поточное производство работ по монтажу конструкций зданий позволяет совмещать во времени на разных участках здания различные процессы монтажа конструкций с выполнением общестроительных работ и работ по монтажу технологического оборудования. Это намного сокращает продолжительность монтажных работ и строительства объекта.

Проектируя **организацию монтажа конструкций каркаса**, в первую очередь определяют степень укрупнения конструкций, направление и последовательность установки элементов (см. рис. VIII.7 и VIII.8).

Степень укрупнения конструкций принимают, исходя из мощности монтажных кранов и соображений экономической целесообразности.

Продольной схемой монтажа пользуются наиболее часто.

Поперечную схему используют в тех случаях, когда технологическое оборудование надо монтировать поперек зданий и при монтаже конструкций кранами с большим радиусом действия, охватывающим все пролеты.

Для лучшей организации монтажа и совмещения его с другими работами, выполняемыми до и после монтажа конструкций (земляные работы, устройство фундаментов, монтаж оборудования и др.), здания разбивают на монтажные участки (рис. VIII.13, *а*).

При раздельной последовательности в качестве монтажного участка принимают пролет или его часть, а при комплексной — часть пролета или цеха с законченным технологическим циклом или с определенной группой технологического оборудования.

В соответствии с выбранными способами монтажа конструкций определяют схемы расположения кранов и их движения. Краны можно располагать посередине пролетов и по их краям. На монтаже зданий тяжелого типа применяют комплекты кранов. В этом случае можно располагать их как посредине, так и по краям пролета или же по таким осям, с которых лучше всего будет использован вылет стрелы каждого крана.

Специализированный поток монтажа стальных конструкций каркасов и монтируемых вместе с ними железобетонных конструкций состоит из частных потоков: а) при раздельной последовательности — колонны и подкрановые балки; элементы покрытия; элементы стенового ограждения; б) при комплексной — конструкции одной-двух ячеек; конструкции последующих ячеек.

Характер циклограмм потока монтажа стальных конструкций каркасов промышленного здания изменяется в зависимости от схемы монтажа и количества кранов в комплекте (рис. VIII.13, *б—г*).

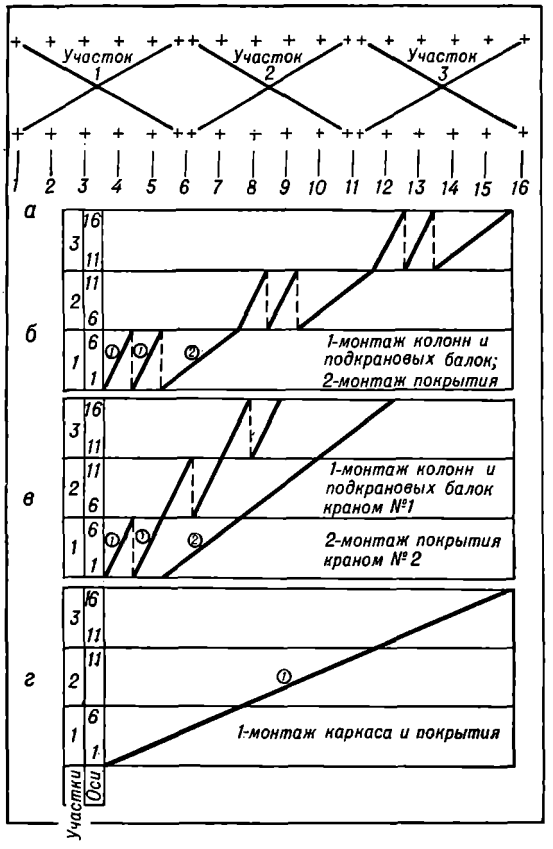


Рис. VIII.13. Организация монтажа стальных каркасов: *а* — схема деления пролета на монтажные участки; *б* — циклограмма процесса монтажа конструкций каркаса при раздельной последовательности монтажа одним краном; *в* — то же, двумя кранами; *г* — то же, при комплексной схеме монтажа одним краном.

Для монтажа сложных сооружений и сооружений из листовых конструкций организуют два параллельных потока: по укрупнительной сборке монтажных блоков и по их монтажу.

Если возводят несколько одинаковых сооружений из листовых конструкций на одной площадке (воздухонагреватели, вертикальные резервуары, вертикальные и шаровые газгольдеры и др.), каждое из них считается монтажным участком и процесс их монтажа организуют поточным методом.

Бригады монтажников могут быть специализированными, и тогда каждая из них выполняет определенные работы (допустим, только по монтажу металлоконструкций), и комплексными (в этом случае они монтируют также конструкции под технологическое оборудование, окрашивают конструкции и готовят их к сдаче в эксплуатацию).

Бригады делятся на звенья, которые последовательно выполняют один и тот же вид работ (частные потоки) на каждом участке, что обеспечивает общую поточность их возведения.

При организации монтажа зданий блоками, изготовленными на конвейерных установках, весь процесс делится на две совмещаемые во времени стадии — заготовку блоков на конвейерах и установку блоков в проектное положение.

В зависимости от мощности конвейерной установки в смену можно установить один-два блока покрытия площадью 288 или 360 $м^2$.

Глава 6

МОНТАЖ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

До начала монтажа железобетонных конструкций проверяют положение в плане и отметки оснований фундаментов и других опорных конструкций.

Последовательность монтажа железобетонных конструкций должна обеспечить устойчивость и геометрическую неизменяемость смонтированных частей сооружения и прочность всех соединений. Разрабатывая порядок монтажа, следует предусматривать комплектность установки конструкций каждого участка (блока, секции, пролета) здания или сооружения. Организация монтажа конструкций должна обеспечивать безопасность всех работ по совмещенному графику.

Монтаж железобетонных конструкций так же, как и стальных, — это комплексный процесс, который состоит из

простых процессов и операций: строповки, подъема и установки конструкций в проектное положение; их выверки, временного и окончательного закрепления.

Железобетонные конструкции стропят за петли, выпущенные из них, или через отверстия, оставленные в конструкциях, и в обхват. При строповке за петли, на которые расходуется металл, монтажнику после установки конструкции приходится подниматься по лестницам, чтобы снять стропы с петель. Кроме того, надо еще выполнить дополнительную работу по загибу или срезыванию петель. При строповке за оставленные отверстия и в обхват можно использовать управляемые захваты, допускающие дистанционную расстроповку.

§ 1. МОНТАЖ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Монтаж колонн. До подъема колонн на них навешивают лестницы и закрепляют хомуты для навески подмостей. Колонны массой до 10 *т* стропят фрикционными захватами, а большей массы — штыревыми.

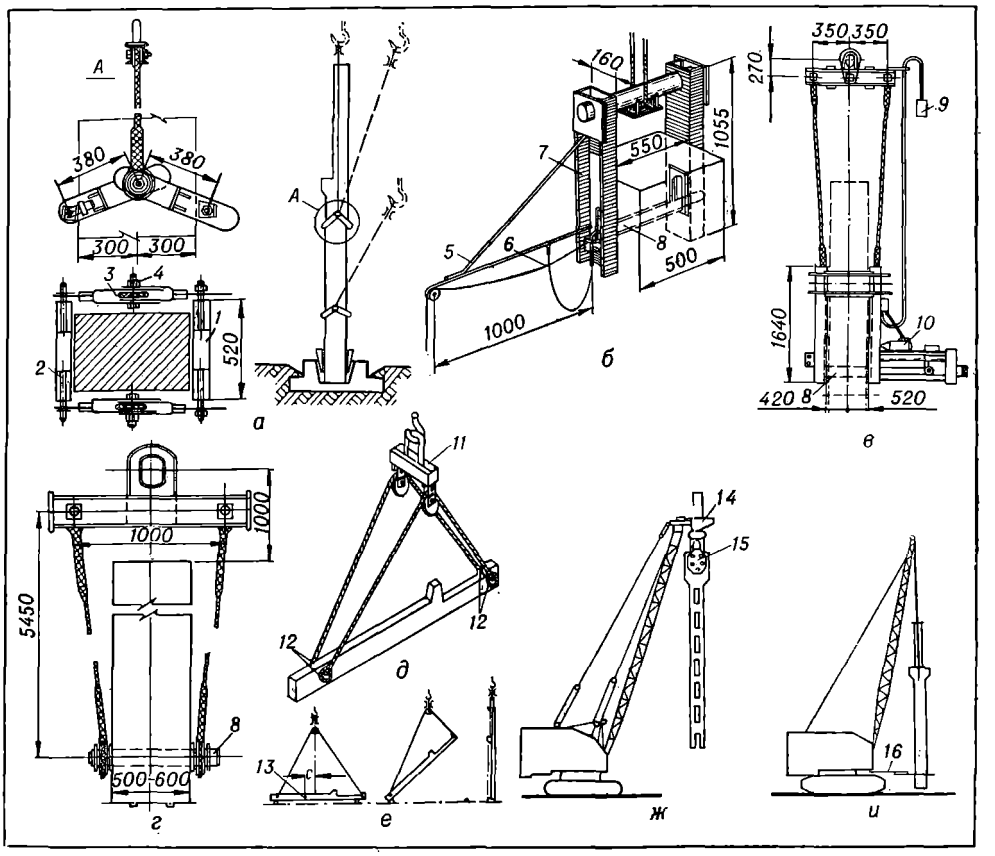


Рис. VIII.14. Приспособления для подъема колонн:

а — фрикционный рамочный захват и его положение на колонне; *б* — штыревой захват с ручным дистанционным управлением; *в* — то же, с электрическим управлением; *г* — то же, с ручной местной расстроповкой; *д* — схема подъема штыревыми захватами колонны в горизонтальном положении при монтаже с колес; *е* — последовательность перевода колонны в вертикальное положение при монтаже с колес; *ж* — подъем колонны краном с вилчатым оголовком; *и* — схема установки колонны краном с жестким манипулятором; *1* — несъемная балочка; *2* — съемная балочка; *3* — вилки шарнирного соединения; *4* — шарнир; *5* — кронштейн; *6* — тросик для расстроповки; *7* — корпус захвата; *8* — запорный штырь; *9* — штепсельный разъем; *10* — электродвигатель; *11* — траверса; *12* — штыревые захваты; *13* — центр тяжести колонны; *14* — вилчатый оголовок; *15* — захват с полуавтоматической расстроповкой; *16* — манипулятор на кране.

Фрикционный рамочный захват (рис. VIII.14, *а*) состоит из двух металлических балочек (из которых одна съемная), вилочных стяжек и шарниров. На колонну захват надевают со снятой балочкой и, закрепив ее на месте, натяжением тросов при подъеме траверсы обжимают колонну, которая держится в захвате вследствие трения, возникающего между балочками и поверхностью колонн. Фрикционный захват после установки колонны и опускания траверсы под действием собственного веса скользит вниз, где его раскрывают.

Штыревые захваты бывают с местной и дистанционной расстроповкой (рис. VIII.14, *б—д*). Отверстия для штырей в колоннах образуют при их изготовлении. В большинстве случаев штыревые захваты с дистанционной расстроповкой оборудуют тросиками, но в некоторых случаях на захватах (рис. VIII.14, *в*) устанавливают небольшие электродвигатели, которые выдвигают штырь.

Если монтаж ведут с колес, колонны поднимают в горизонтальном положении, отводят в сторону и на весу переводят в вертикальное положение. Для этого используют два штыревых захвата, которые располагают ниже и выше центра тяжести колонн (рис. VIII.14, *д*, *е*).

Для уменьшения длины стрелы крана, используемого для подъема колонн, ее оснащают вилчатым оголовком (рис. VIII.14, *ж*), что позволяет использовать более легкие краны, а также ограничивать раскачивание колонн при установке. При подъеме тяжелых колонн для лучшего их направления на опору и предупреждения раскачивания рекомендуется применять жесткие манипуляторы, закрепляемые у основания стрел (рис. VIII.14, *и*).

Колонны поднимают одним из уже описанных способов: *поворотом* или *скольжением*. В обоих случаях для предохранения оснований тяжелых колонн от скалывания и улучшения скольжения на них закрепляют башмаки (рис. VIII.15, *а*). При доставке колонн на железнодорожных платформах или специальных вагонетках последние оборудуют поворотными башмаками и опорными шарнирами.

Устанавливаемые колонны одноэтажных производственных зданий следует выверять до снятия с них стропов или захватов. Выверяют совпадение осей колонны с осями здания *по рискам*, нанесенным на фундамент и колонну. При необходимости колонну смещают специальными домкратами (рис. VIII.15, *б*) или чуть приподнимают краном над опорой и разворачивают до совмещения рисок.

После совмещения осей колонны с осями здания проверяют, точно ли вертикально ее положение, для чего рекомендуется устанавливать *два теодолита*, направленные на вертикальные оси, нанесенные на две смежные плоскости колонны. Поводя трубой теодолита снизу вверх, устанавливают степень отклонения колонны от вертикали. Исправляют положение колонны подкосами, расчалками и кондукторами.

По окончании выверки и исправления положения колонн их временно закрепляют в проектном положении и снимают стропы или захваты. Временное закрепление колонн необходимо для придания им устойчивости до окончательного закрепления и может быть осуществлено *клиньями*, *распорками*, *расчалками*, *подкосами*, *кондукторами*. Например, колонны высотой до 12 *м*, установленные в стаканы фундаментов, закрепляют не менее чем четырьмя клиньями, изготовленными из металла, высушенных твердых пород дерева или железобетона (рис. VIII.15, *г*).

Целесообразно применять инвентарные многократно оборачиваемые *металлические распорки* системы ЦНИИОМТП (рис. VIII.15, *в*), состоящие из коробки, в которой движется винт с упором, и шарнирно закрепленного клина. После опускания распорки в зазор завинчивают винт, упор которого прижимает клин к телу стакана фундамента, а коробку к телу колонны. Когда стык забетонирован и бетон затвердел, ключом вывинчивают винт и вынимают распорку. Можно применять инвентарные клинья других конструкций.

Вместо клиньев рациональнее использовать для временного закрепления колонн различные типы *жестких*

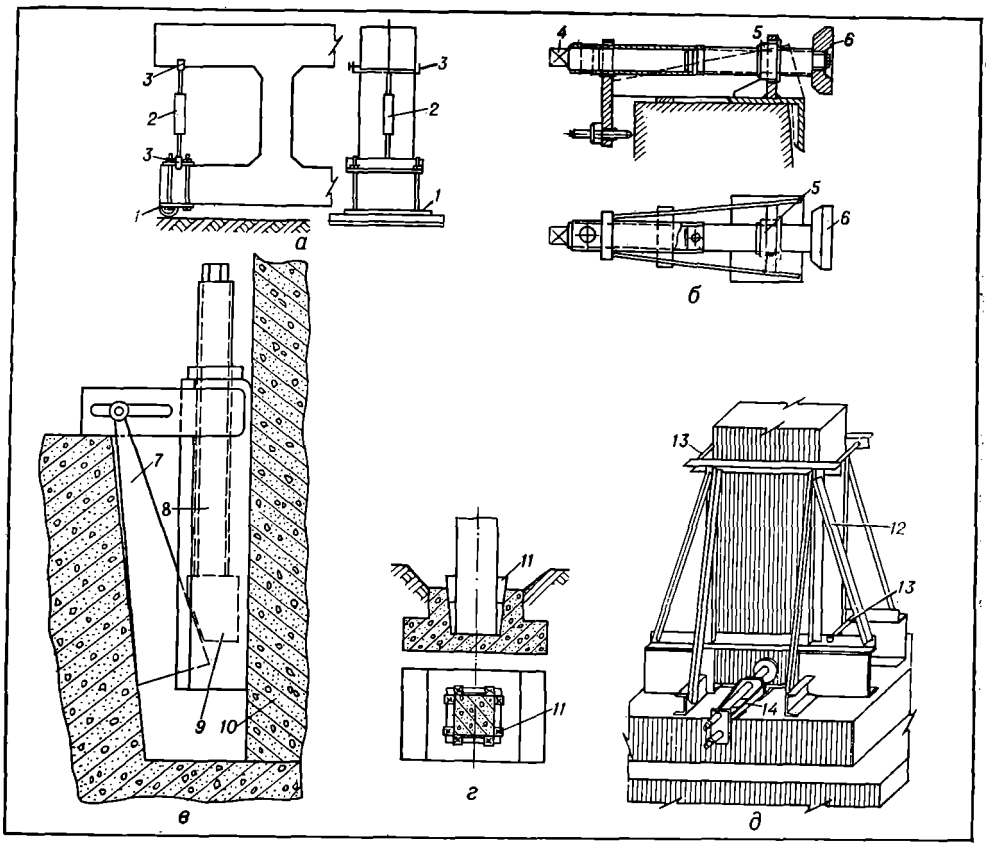


Рис. VIII.15. Приспособления для подъема и временного закрепления колонн:
а — башмак для предохранения основания колонн; *б* — переносной винтовой домкрат; *в* — металлическая инвентарная распорка; *г* — закрепление колонны деревянными клиньями; *д* — то же, кондукторами; *1* — поворотная опора; *2* — натяжная муфта; *3* — упоры; *4* — винт; *5* — опора; *6* — выдвижной упор; *7* — клин; *8* — винт упора; *9* — упор на клин; *10* — колонна; *11* — деревянные клинья; *12* — подкос кондуктора; *13* — стяжные болты; *14* — переносной домкрат.

кондукторов (рис. VIII.15, *д*). Некоторые из них допускают полуавтоматическое закрепление и выверку колонн.

При высоте колонн от 12 до 18 *м* их закрепляют дополнительно к клиньям или кондукторам расчалками, расположенными в трех направлениях или в плоскости наименьшей жесткости. Для этой цели рекомендуется использовать расчалки с натяжными муфтами.

Колонны высотой более 18 *м*, а также колонны любой высоты при свободном их опирании (без закрепления в стакане) временно закрепляют не менее чем четырьмя расчалками.

Временные расчалки, кондукторы, клинья снимают после окончательного закрепления колонн в стыках и достижения бетоном стыков 70% проектной прочности.

Монтаж балок. Подкрановые и подстропильные балки захватывают двухветвевыми стропами и траверсами за петли (рис. VIII.16, *а*) или тросовыми захватами с дистанционным управлением (рис. VIII.16, *б*—*е*). Способом в обхват балки поднимают при помощи специальных захватов (рис. VIII.16, *е*). Конец троса в таком захвате после обхвата балки заходит в замок и запирается выдвижным штырем. Чтобы трос не перетирался и края балки не скалывались, на ребра балки под тросом надевают передвижные подкладки (отрезки

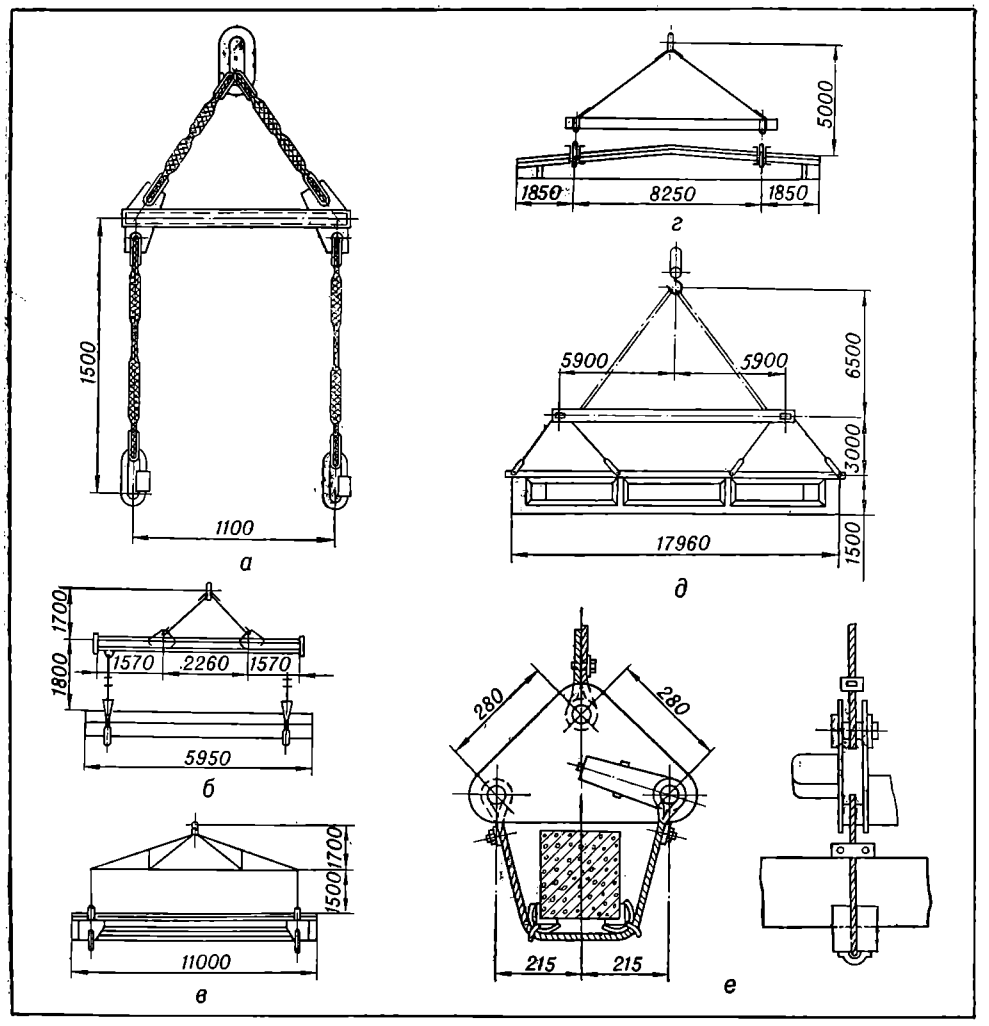


Рис. VIII.16. Траверсы и захваты для подъема балок:

а — двухветвевая траверса для захвата коротких балок за петли; *б* — траверса с захватами дистанционного управления (в обхват) для балок длиной до 6 *м*; *в* — то же, до 12 *м*; *г* — то же, с клещевыми захватами для балок длиной до 12 *м*; *д* — с захватами дистанционного управления для подъема балок длиной 18 *м*; *е* — схема строповки балок в обхват полуавтоматическими захватами с электромагнитным дистанционным управлением.

уголков). После установки балки монтажник, находящийся внизу, включает электромагнит, который втягивает в коробку замка штырь и таким способом раскрывает захват.

Для подъема балок применяют также клещевые захваты (рис. VIII.16, *г*).

До расстроповки балки выверяют и закрепляют. При выверке проверяют положение балок по продольным осям и отметки верхних полок. Для установки балок по продольным осям на опоры колонн наносят риски оси, а на торцы балок и верхние закладные планки — риски середины. Совпадение всех рисок обеспечивает правильное положение балок. Отметки переносят на верх колонны и по ним проверяют нивелиром положение верхних

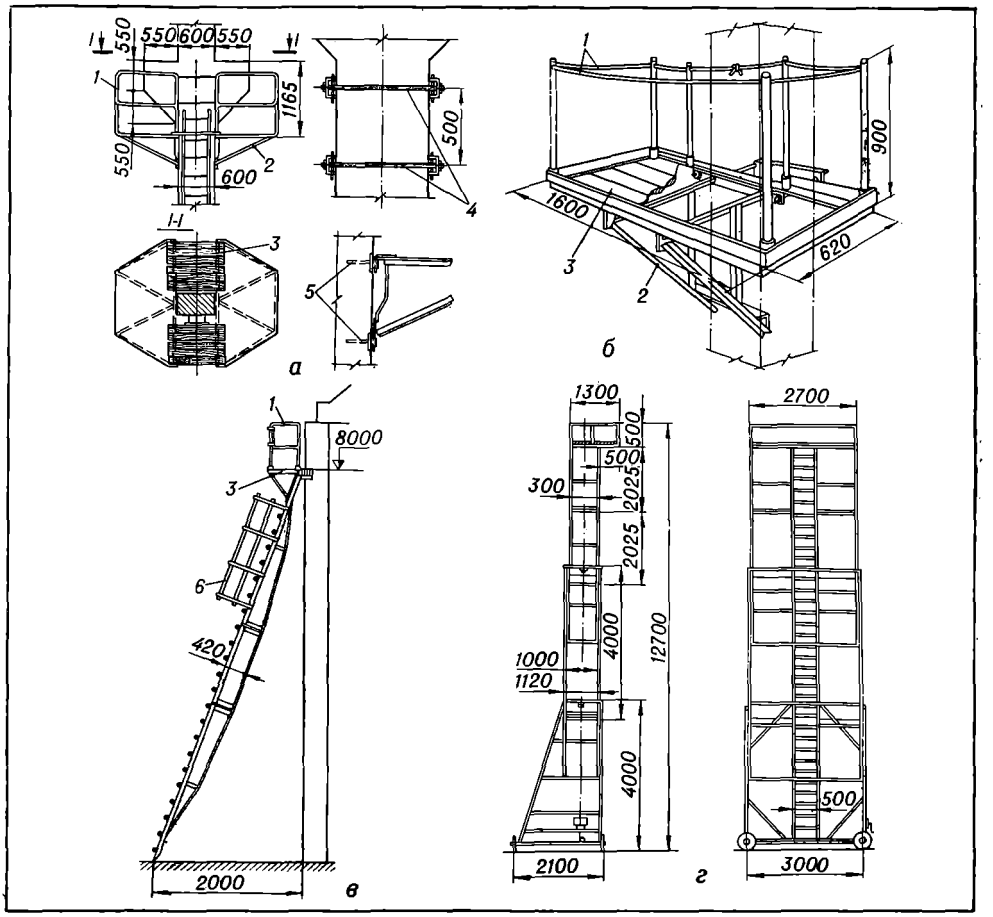


Рис. VIII.17. Подмости для установки балок:

а — навесные круговые; *б* — навесные односторонние; *в* — приставные; *г* — катучие выдвижные; *1* — перильные ограждения; *2* — кронштейны подмостей; *3* — рабочие настилы; *4* — хомуты для крепления кронштейнов; *5* — скобы, заделанные в бетон для крепления кронштейнов; *6* — ограждение лестницы.

полок балок. После выверки заваривают закладные элементы балок и колонн и снимают стропы.

При таком порядке монтажа балок отпадает необходимость во временном их закреплении.

Во время установки балок монтажники, наводящие их на опоры, должны находиться на подмостях с ограждениями, которые могут быть *навесными* (рис. VIII.17, *а,б*), *приставными* (рис. VIII.17,*в*) или *передвижными* (рис. VIII.17, *г*). Монтажники поднимаются на подмости по навешенным на колонны лестницам (см. рис. VIII.10, *в*). Приставные лестницы применяют только при небольшой высоте колонн.

Монтаж ферм, балок и плит покрытий. Железобетонные *ф е р м ы* длиной до 24 *м* доставляют целыми, а длиной 30 *м* и более — в виде двух-трех элементов, которые на стройплощадке укрупняют в соответствии с проектом. Для удержания элементов ферм в нужном положении до окончания их стыкования используют стенды, оборудованные кондукторами и другими приспособлениями.

До установки ферм колонны, подкрановые балки и подстропильные фермы

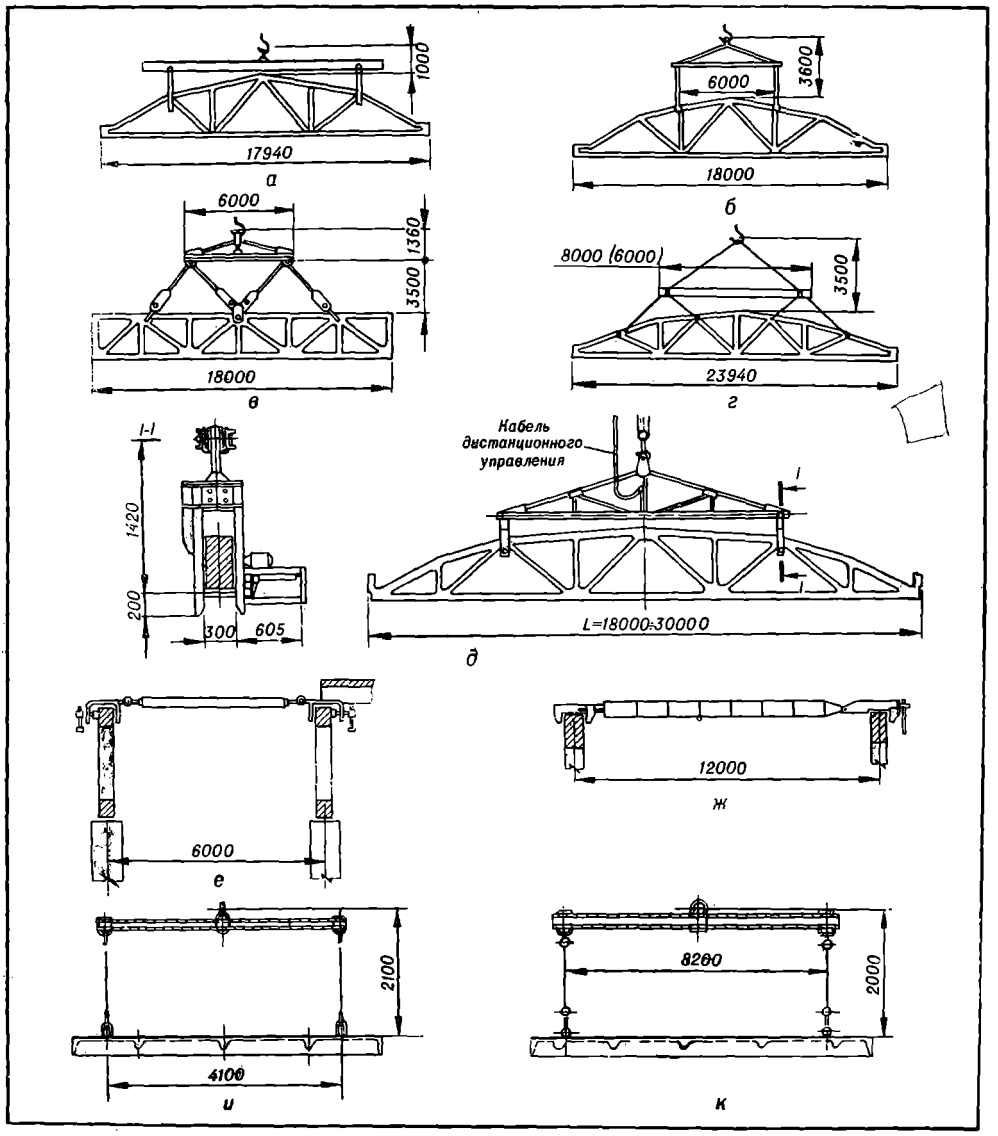


Рис. VIII.18. Приспособления для подъема и установки ферм и плит:

а — г — траверсы для подъема ферм длиною 18—24 *м* с захватами местного или дистанционного управления; *д* — траверса с полуавтоматическими захватами электрического дистанционного управления для подъема ферм длиною до 30 *м*; *е* — распорка для ферм при шаге 6 *м*; *ж* — то же, 12 *м*; *и* — траверса для подъема плит покрытия длиной 6 *м*; *к* — то же, 12 *м*.

окончательно закрепляют и на опоры для ферм наносят риски продольных и поперечных осей.

Железобетонные фермы и *балки покрытия* в зависимости от их длины стропят за две или четыре точки (рис. VIII.18, *а—д*) штыревыми захватами или в обхват с применением дистанционного управления. Для предохранения ферм от раскачивания при подъеме и направлении их на опоры по концам нижнего пояса крепят две оттяжки или применяют гибкий манипулятор.

Сразу же после установки на место фермы выверяют, исправляют их положение относительно разбивочных осей и отметок опорных узлов и проверяют расстояние до ранее установленной фермы. Фермы и балки до снятия стропов надежно раскрепляют электроприхваткой закладных элементов, а первую ферму — еще и расчалками. Все последующие фермы раскрепляют стяжками-распорками (рис. VIII.18, *е, ж*), после чего снимают стропы и захваты. На фермы пролетом 18 или 24 *м* устанавливают по одной такой распорке, а при большем пролете — по две.

Установив очередную ферму или балку, укладывают *плиты покрытия*, которые придают устойчивость смонтированной части покрытия. По мере закрепления ферм плитами распорки снимают.

Для обеспечения безопасной работы монтажников при установке ферм на опоры и их закреплении на колонны навешивают *подмости*. Переход по нижнему поясу ферм разрешается только при наличии туго натянутого троса, за который монтажник прикрепляется предохранительным поясом. При необходимости подъема к верхнему поясу (для снятия распорок, установки связей и других работ) на ферму краном навешивают *лестницу с люлькой*.

Плиты покрытия захватывают за петли многоветвевыми стропами и траверсами (рис. VIII.18, *и,к*). После подъема и установки на место плиты выверяют по рискам, нанесенным на них и на опорные узлы ферм. Первые крайние плиты до подъема оборудуют *ограждениями*. Все последующие плиты монтажники устанавливают, стоя на ранее закрепленных.

Монтаж стеновых ограждений. После окончания монтажа несущего каркаса здания или его части начинают монтировать наружные стеновые панели и перегородки. Это — самостоятельный комплексный процесс, выполняемый, как правило, отдельным потоком и специальным монтажным оборудованием. Внутренние панельные стены устанавливают до монтажа покрытий.

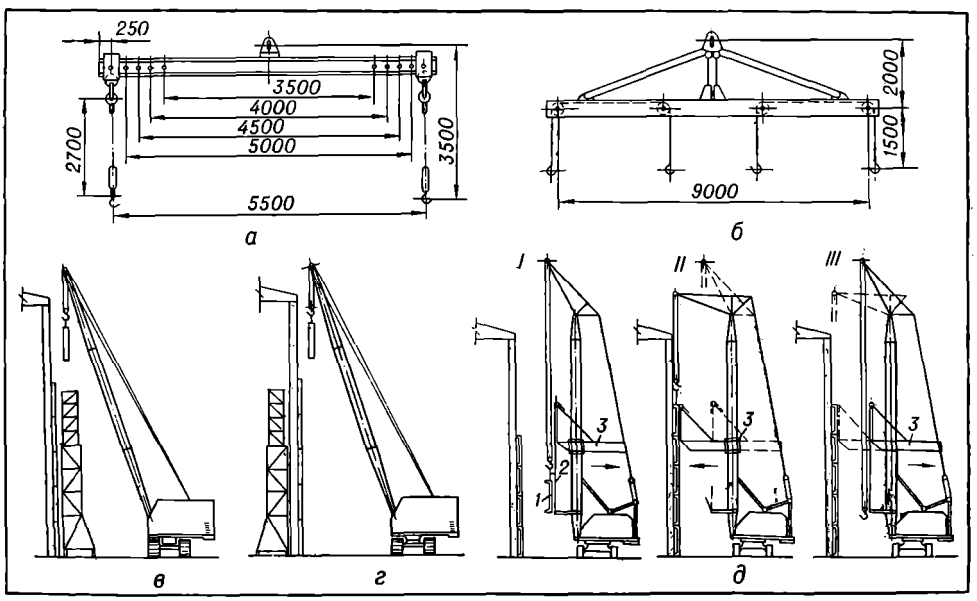


Рис. VIII.19. Подъем и установка стеновых панелей:

а — траверса для подъема за две точки панелей длиною до 6 *м*; *б* — то же, за четыре точки панелей длиною до 12 *м*; *в* — схема установки подмостей для монтажа стен снаружи здания; *г* — то же, внутри здания; *д* — схема установки панелей с помощью крана, оборудованного выдвижной монтажной площадкой (*I—III* — последовательность монтажа); *1* — стеновая панель; *2* — направляющие; *3* — выдвижная монтажная площадка.

Стеновые панели и переплеты, если они не подлежат укрупнению, монтируют с транспортных средств и строп я т траверсами с тросовыми стропами за две или четыре петли (рис. VIII.19,*а*, *б*). На траверсах вместо обыкновенных крюков или карабинов, требующих расстроповки на месте, рекомендуется применять захваты с дистанционной расстроповкой. Панели выверяют и окончательно закрепляют сразу же после установки, затем снимают стропы.

Стеновые ограждающие конструкции устанавливают в каждой ячейке между двумя колоннами на всю высоту. При шаге колонн 6 *м* и наличии монтажного крана, допускающего подъем панелей на большом вылете, стеновое ограждение монтируют на двух смежных ячейках тоже на всю высоту.

Монтируют стеновые ограждения обязательно с приставных или навесных подмостей, положение которых изменяется по высоте. По способу перемещения различают переставные, передвижные, перевозные и самоходные подмости. Их можно устанавливать с наружной или внутренней стороны стен (рис. VIII.19,*в*,*г*). Наиболее рациональны подмости, закрепленные на монтажном кране, и самоходные самоподъемные подмости.

Рекомендуется применять комплексную технологию монтажа стеновых панелей кранами, совмещенными с подмостями (рис. VIII.19,*д*). Эта технология включает заделку стыков.

При большой высоте зданий для установки стеновых панелей и оконных заполнений вместо кранов можно использовать монорельс, подвешенный на консолях, закрепленных на стене.

Переплеты остекления можно устанавливать самостоятельным потоком после окончания монтажа стеновых панелей или в одном потоке с ними. В первом случае переплеты устанавливают по одному или укрупненными блоками, а во втором — только укрупненными блоками. Отдельные переплеты можно устанавливать на место вручную, а укрупненные — монтажными кранами. Переплеты укрупняют в монтажные блоки в зоне действия крана и поднимают траверсами.

§ 2. МОНТАЖ КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Многоэтажные несущие каркасы промышленных, жилых и общественных зданий характеризуются повторяемостью элементов каркаса и относительно небольшой их массой.

Комплексный процесс монтажа конструкций многоэтажных зданий так же, как и одноэтажных, состоит из простых процессов и операций: строповки, подъема, установки, выверки и временного и окончательного закрепления элементов.

Последовательность монтажа конструкций каждого этажа (яруса) и их окончательного закрепления должна обеспечивать продольную и поперечную жесткость каркаса и устойчивость всех элементов. Монтаж каждого вышележащего яруса начинают только после полного и окончательного закрепления элементов каркаса нижележащего яруса.

Основными сборными элементами многоэтажных зданий являются колонны, капители (при безбалочном перекрытии), ригели (балки) перекрытий и покрытий, плиты, стеновые панели. В некоторых случаях колонны и ригели объединены в рамы.

Монтаж колонн. Колонны высотой 4—7 *м* захватывают при подъеме фрикционными или другими захватами (см. рис. VIII.14, *а*). Для подъема рам используют штыревые захваты.

Колонны, стыки которых расположены над уровнем нижележащего перекрытия, временно закрепляют в кондукторах. Последние бывают одиночными — для закрепления одной колонны, групповыми — для четырех колонн и в виде блока групповых кондукторов, обеспечивающего установку колонн и других элементов на целом участке.

Одиночный кондуктор (рис. VIII.20, *а*) представляет собой пространственную конструкцию с тремя рядами хомутов. Нижний хомут обхватывает выступающий над перекрытием оголовок колонны предыдущего яруса, двумя другими хомутами закрепляют вновь установленную колонну. С их помощью колонну приводят в проектное положение при выверке. Смещение основания колонны, ее поворот

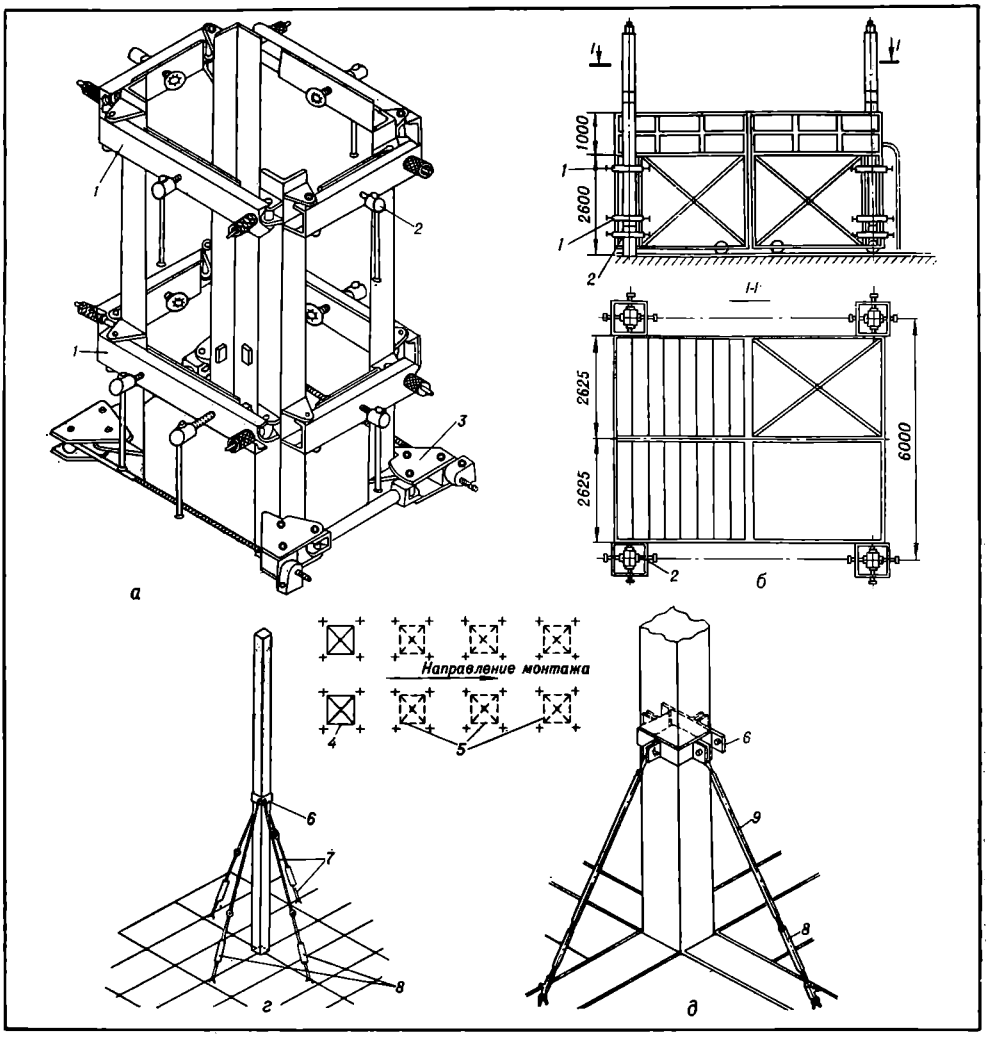


Рис. VIII.20. Приспособления для временного крепления колонн многоэтажных зданий:
а — одиночный кондуктор; *б* — одноярусный групповой кондуктор; *в* — схема перемещения группового кондуктора; *г* — гибкие связи; *д* — жесткие подкосы; *1* — хомуты, закрепляющие установленную конструкцию; *2* — регулировочные винты для исправления положения колонн по осям и вертикали; *3* — хомуты, закрепляющие кондуктор на ранее установленных колоннах; *4* — первое положение кондукторов; *5* — последующие положения; *6* — инвентарные хомуты; *7* — гибкие связи; *8* — натяжные муфты; *9* — трубчатый подкос.

относительно продольных и поперечных осей, а также установку в вертикальное положение осуществляют винтами, расположенными на хомутах кондуктора. После окончательного закрепления колонны одиночный кондуктор разбирают на две части и на тележках перевозят к месту установки следующей колонны.

Групповые кондукторы в зависимости от типа монтируемых колонн могут быть одно- или двухъярусными.

При монтаже каркасов многоэтажных промышленных зданий используют *одноярусные групповые кондукторы* на четыре колонны (рис. VIII.20, *б*). Кондукторы этого типа имеют также на

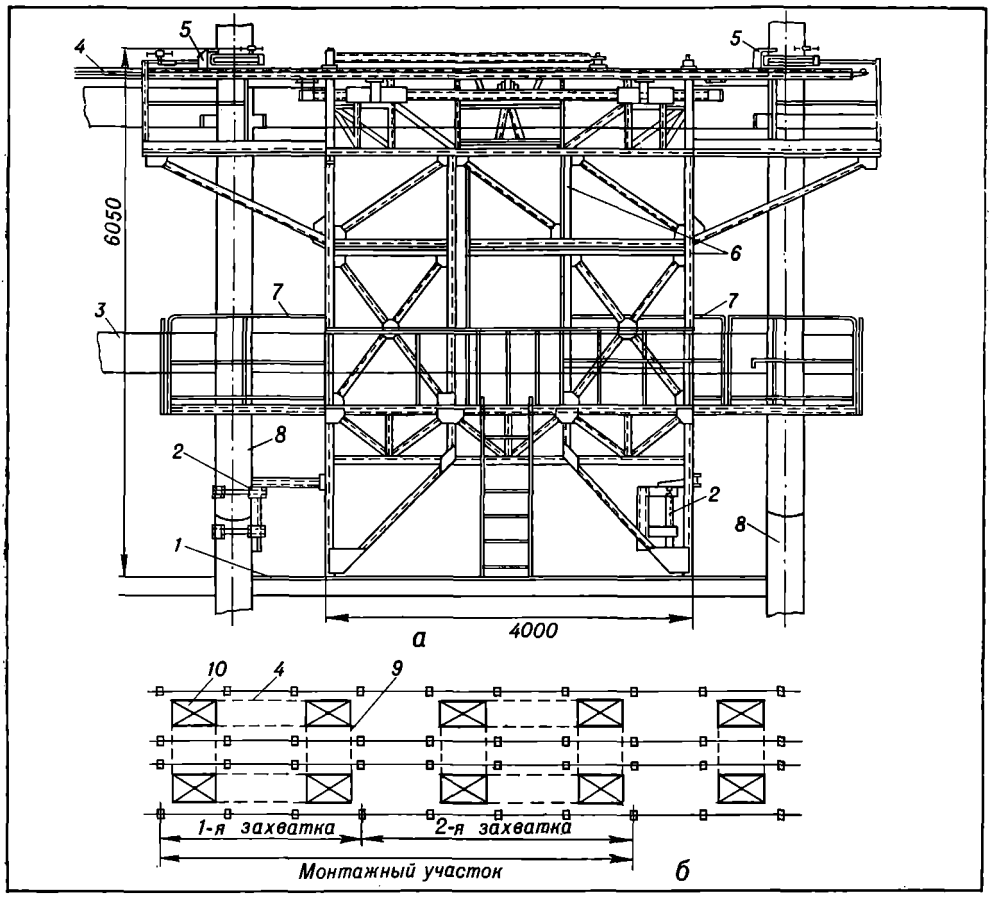


Рис. VIII.21. Групповой кондуктор ЦНИИОМТП и Главмосстроя для монтажа многоэтажных каркасных зданий:

а — вид кондуктора сбоку; *б* — схема расположения кондукторов; *1* — перекрытие; *2* — нижние угловые фиксаторы; *3* — ригель; *4* — продольная тяга; *5* — верхние угловые фиксаторы; *6* — конструкции кондуктора; *7* — выдвижные люльки; *8* — колонны; *9* — поперечная тяга; *10* — кондуктор.

трех уровнях хомуты того же назначения, что и в одиночных кондукторах. Их устанавливают поперек здания на двух поперечных осях в количестве, требуемом для закрепления всех колонн (рис. VIII.20, *в*), которые вместе с устанавливаемыми на них ригелями и плитами перекрытия составляют один монтажный участок.

По окончании установки и закрепления всех элементов в зоне кондуктора с колонн снимают хомуты, а кондукторы по швеллерам перекатывают с помощью лебедки, установленной в торце здания, на новый участок. На вышележащий этаж кондукторы поднимают кранами.

На монтаже каркасов жилых многоэтажных зданий используют блок *двухъярусных групповых кондукторов*, состоящий из четырех кондукторов на четыре колонны каждый. Кондукторы соединены между собой поперечными и продольными связями (рис. VIII.21, *а*) и рассчитаны на установку колонн на два этажа. Весь блок охватывает четыре ряда колонн в поперечном и четыре ряда в продольном направлении.

После установки четырех кондукторов их закрепляют продольными и поперечными тягами, затем крепят к колоннам нижележащего яруса и выверяют. В каждый кондуктор устанавливают четыре колонны и фиксируют их в проектном положении. Затем монтируют ригели, часть диафрагм жесткости и плит перекрытия. Закрепив установленные элементы, кондукторы с помощью кранов переставляют на новый участок, а на предыдущем заканчивают установку остальных диафрагм жесткости и плит перекрытий.

Часть здания, охватываемая одним блоком групповых кондукторов, составляет монтажную захватку, а часть здания, на которой установлены два блока кондукторов,— монтажный участок (рис. VIII.21, *б*). При использовании на монтаже многоэтажных каркасных зданий двух блоков групповых кондукторов на одном устанавливают и выверяют, а на втором параллельно сваривают ранее выверенные конструкции.

Окончательно закрепив установленные элементы, с колонн снимают хомуты, а кондукторы переставляют кранами на новые участки.

На кондукторах устроены подмости, с которых монтажники в удобных условиях устанавливают конструкции, выверяют их, а сварщики — сваривают металлические элементы стыков.

При монтаже колонн в групповых кондукторах обеспечивается более высокая точность установки элементов каркаса, чем при закреплении колонн другими способами.

Колонны, стыкуемые в уровне перекрытия, временно закрепляют гибкими связями (см. рис. VIII.20, *г*) или жесткими подкосами (см. рис. VIII.20, *д*). Подкосы устанавливают в двух направлениях по смежным граням, а связи — не менее чем в трех направлениях. Исправляют положение колонн по вертикали натяжными муфтами, имеющимися на подкосах и связях.

Монтаж ригелей и плит. Для захвата ригелей используют тросовые стропы с местной или дистанционной расстроповкой (см. рис. VIII.16). После установки на консоли колонн ригели, как правило, не требуют временного закрепления благодаря большой площади опирания и относительно небольшой их высоте.

Плиты захватывают четырехветвевыми стропами. После установки на место плиты прихватывают электросваркой к ригелям.

В безбалочных перекрытиях на капители колонн опирают балки-плиты, а на них укладывают плиты-вкладыши.

Для установки ригелей и первых плит используют передвижные подмости, приставные стремянки или подмости, оборудованные на кондукторах.

Стеновые панели многоэтажных зданий монтируют теми же кранами, что и элементы каркаса, а при большой высоте — с помощью тельферов.

Монтаж высотных зданий. В Москве, Ленинграде, Киеве и других крупных городах нашей страны все чаще возводят здания административного или общественного назначения высотой 30 и более этажей. Основной их особенностью является жесткий каркас из металлических или железобетонных элементов или смешанной конструкции с ригелями в двух направлениях и с горизонтальными и вертикальными диафрагмами жесткости.

Стеновые ограждения в таких зданиях обычно состоят из легких навесных панелей в виде каркаса из алюминиевых сплавов, заполненного утеплителем. Лицевые поверхности панелей облицованы различными отделочными листами.

Высота этих зданий превышает высоту подъема крюка распространенных башенных кранов. Поэтому на монтаже таких зданий используют башенные приставные или самоподъемные краны.

При железобетонном каркасе для установки элементов каждого яруса можно использовать пространственные жесткие кондукторы (см. рис. VIII. 20). Металлические каркасы монтируют без кондукторов, так как точность изготовления элементов достаточно высокая. Сразу после подачи на место их выверяют и закрепляют.

Облегченные стеновые панели массой 50—80 *кг* нецелесообразно монтировать кранами, установленными для монтажа каркаса. Для этой цели следует использовать тельферы на монорельсах или легкие крышевые краны.

§ 3. МОНТАЖ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ

Крупнопанельные дома монтируют поточным методом, который предусматривает механизацию транспортных, погрузочно-разгрузочных и монтажных процессов, использование эффективного монтажного оборудования, рациональных монтажных приспособлений и инструментов.

Перед монтажом принимают доставленные конструкции и проверяют соответствие их размеров проектным (в пределах допускаемых отклонений).

Монтировать элементы следует с колес. Мелкие доборные элементы — балконные и карнизные плиты и т. п. — предварительно завозят на приобъектный склад в зону действия монтажного крана.

Комплексный процесс монтажа железобетонных элементов жилых домов состоит из тех же операций, что и монтаж промышленных зданий.

Основными элементами сборных конструкций наземной части крупнопанельных жилых домов являются стеновые наружные и внутренние панели, перегородки, лестничные марши и площадки, панели перекрытий и балконные плиты.

При монтаже элементов крупнопанельных домов наибольшее внимание уделяют установке вертикальных элементов — стеновых панелей, от точности установки которых зависит точность сборки всего здания. Эти элементы надо временно закреплять так, чтобы придать им устойчивость до стыкования с другими элементами и образования замкнутых ячеек. Последовательность монтажа стеновых элементов зависит от конструктивного решения дома (с продольными или поперечными несущими стенами).

Монтаж стеновых панелей и перегородок каждого этажа начинают после тщательной подготовки монтажного уровня, т. е. геодезической проверки смонтированного этажа и установки опорных фиксаторов или других средств опирания панелей по проектным отметкам. Под каждую стеновую панель или перегородку между фиксаторами укладывают слой цементного раствора. Под наружные стеновые панели до их установки, кроме раствора, укладывают теплоизоляционные и герметизирующие прокладки.

Стеновые панели стропят за две или четыре точки стропами и траверсами (рис. VIII.22, *а, б*). Панель поднимают на 40—50 *см* выше уровня, где она должна быть установлена, и только после ее наводки стрелой крана над опорой плавно опускают на раствор. Сразу же после установки панели на место ее выверяют по нижнему основанию. Если панель устанавливают без фиксаторов, монтажник ломиком подправляет положение панели по отношению к ранее установленным. Наружные стеновые панели выверяют по наружной (лицевой) поверхности, а внутренние — по одной из плоскостей, причем менять выбранную для выверки плоскость не следует, она должна оставаться одной и той же от нижнего до верхнего этажа. До снятия стропов на выверенную по основанию панель надевают струбцину с подкосом, который крепят нижним концом к петлям перекрытия или захватам (рис. VIII.22, *в*). Внутренние стеновые панели, стыкуемые под прямым углом, можно вместо подкосов временно закреплять с помощью угловых связей.

После установки и временного закрепления панели подкосами и угловыми связями выверяют ее вертикальность и отметки верхней грани специальным отвесом-линейкой (рис. VIII.22, *г, д*). По отклонению отвеса монтажник определяет, в какую сторону нужно отклонить панель, чтобы придать ей вертикальное положение. Эту операцию проводят натяжением муфт, имеющихся на подкосах и связях. Панель можно считать подготовленной к окончательному закреплению только после выверки, исправления и закрепления в проектном положении.

При установке смежных и примыкающих под углом панелей образовавшийся узел закрепляют различными способами: сваркой закладных элементов, укладкой в стыки скоб, которые стягивают заложенные в панели петли, или стяжкой накладок болтами.

После выверки и закрепления панелей заделывают стыки между ними. Порядок и способ заделки стыков зависит от

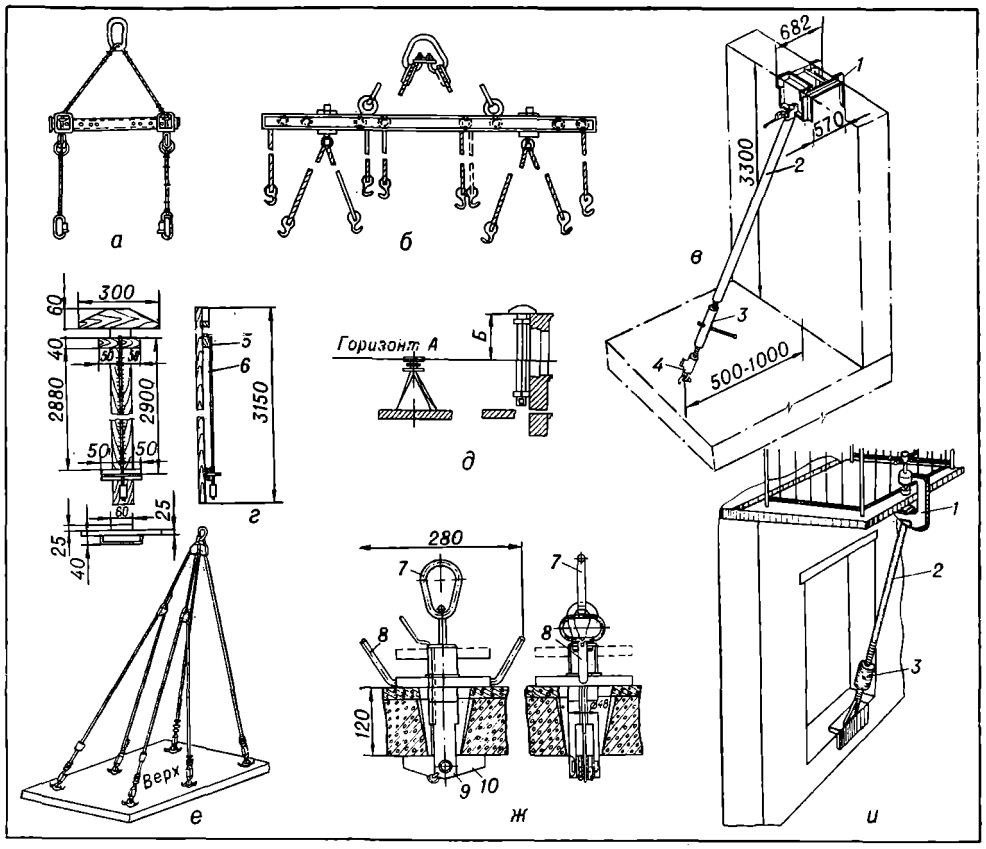


Рис. VIII.22. Приспособления для подъема и установки элементов крупнопанельных зданий:

а — траверса грузоподъемностью 3 *т* для подъема стеновых панелей за две точки; *б* — то же, за четыре точки (грузоподъемность 5 *т*); *в* — подкос для временного крепления стеновых панелей; *г* — отвес-линейка для выверки стеновых панелей; *д* — использование линейки для выверки; *е* — подъем панели перекрытия стропами за шесть точек; *ж* — захват; *и* — подкос для временного крепления балконных плит; *1* — струбцины; *2* — подкосы; *3* — натяжные муфты; *4* — крюк подкоса; *5* — упор; *6* — отвес; *7* — петля захвата; *8* — рукоятка запора; *9* — стержень захвата; *10* — откидной сухарь.

их конструкции и при строительстве домов различных серий выполняется поразному.

Перегородки поднимают стропами «паук» или траверсами и временно закрепляют подкосами или угловыми связями.

Лестничные марши поднимают четырехветвевыми стропами разной длины. Для плит лестничных площадок стропы имеют одинаковую длину. Эти элементы устанавливают как только смонтированы стеновые панели, образующие лестничную клетку.

Перед монтажом перекрытий на этаж должны быть подняты и установлены на место дверные блоки и шкафные щиты, а также — в закрытых и открытых контейнерах — все комплекты материалов для санитарно-технических, электромонтажных и отделочных работ (ванны, унитазы, умывальники, раковины, трубы, ящики с материалами и др.).

Панели перекрытий захватывают для подъема за четыре или шесть точек (рис. VIII.22, *е*). Если панели изготовлены в кассетах и доставлены в вертикальном положении, то в отверстия, имеющиеся в них, вставляют и закрепляют инвентарные захваты (рис. VIII.22, *ж*), а за них зацепляют карабины шестиветвевого стропа, имеющего блоки,

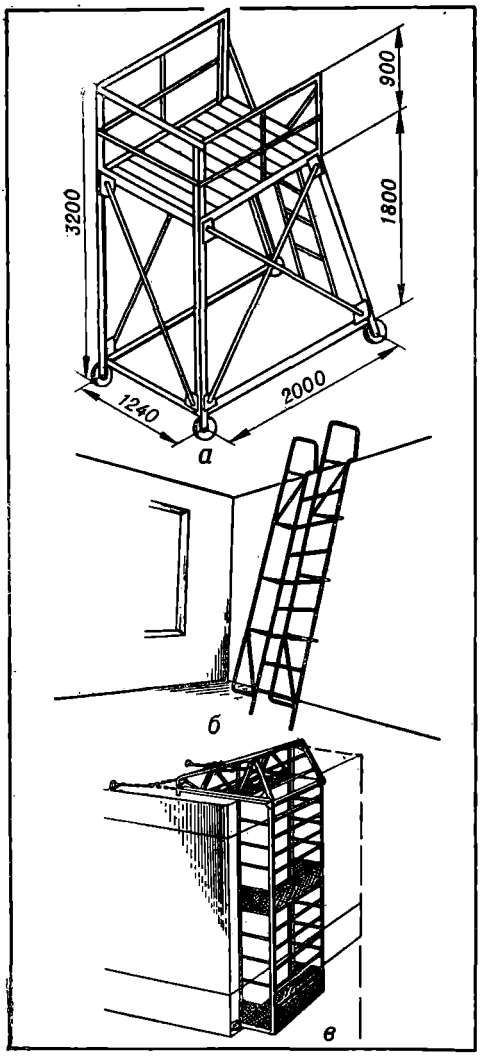


Рис. VIII.23. Подмости для монтажа крупнопанельных зданий:
а — катучий монтажный столик; *б* — приставная стремянка; *в* — навесная люлька для отделки швов.

благодаря которым панели на весу переводят из вертикального положения в горизонтальное. Панели кассетного производства, доставляемые на панелевозах, можно также предварительно снимать с панелевозов и устанавливать на специальную подставку, где их перестроповывают, или на кантователь, на котором панель переводят в горизонтальное положение.

Панели перекрытий начинают устанавливать от лестничной клетки. Это дает возможность сразу же после установки первой панели по смонтированным лестничным маршам и площадкам подняться на перекрытие и вести монтаж дальше.

Балконные плиты поднимают четырехветвевыми стропами «паук». Сразу же после установки плиты временно закрепляют тягами или подкосами (рис. VIII.22,*и*). Карнизные плиты и плиты парапета также закрепляют тягами, которые имеют натяжные муфты.

Подмости для монтажа полносборных домов нужны небольшой высоты (в пределах этажа). Стоя на подмостях, монтажники снимают захватные приспособления, устанавливают временные крепления и др. Для этих целей используют передвижные монтажные столики (рис. VIII.23, *а*) или приставные стремянки (рис. VIII.23, *б*). При расшивке наружных швов пользуются навесными подмостями-люльками (рис. VIII.23, *в*) или самоподъемными люльками.

§ 4. МОНТАЖ ДОМОВ ИЗ ОБЪЕМНЫХ БЛОКОВ

При возведении жилых домов из объемных блоков-комнат или блоков-квартир значительно повышается производительность труда и сокращается продолжительность строительства в основном потому, что в несколько раз уменьшается количество монтажных элементов. Устойчивость блоков обеспечена сразу же после их установки, приспособлений для их временного закрепления (подкосов, связей, кондукторов и др.) не требуется.

Если объемные блоки доведены на заводе до полной готовности (выполнена вся отделка, поставлены двери, окна, встроенные шкафы, все приборы), срок строительства домов из них сокращается еще больше.

Монтаж зданий из объемных блоков обязательно следует вести с транспортных средств. Блоки помещают по одному на прицепе, поэтому машины на стройплощадке долго не задерживаются. Когда доставка блоков и их монтаж хорошо

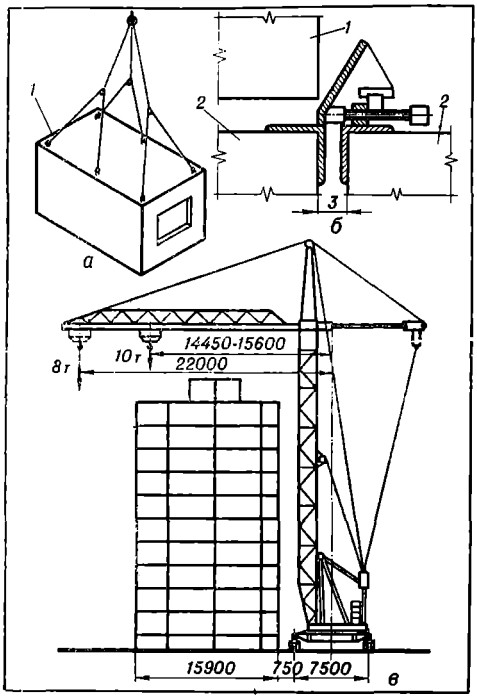


Рис. VIII.24. Устройство для монтажа домов из объемных блоков:

а — шестиветвевой строп для подъема блоков-комнат; *б* — фиксатор для установки блоков; *в* — общий вид установки башенного крана МСК-250 при монтаже дома; *1* — устанавливаемый блок-комната; *2* — ранее установленные блоки-комнаты; *3* — зазор между блоками.

увязаны по срокам, нужно только время на подъем блока над машиной и отвод его в сторону, чтобы машина могла отъехать. За время ее движения на завод и обратно блок должен быть установлен и закреплен. Если завод расположен далеко, количество машин определяют расчетом.

Монтировать объемные блоки можно башенными (рис. VIII.24, *в*), башенными двухконсольными, козловыми и стреловыми кранами. Однако определить, какой вид крана будет экономичнее, можно только технико-экономическим сравнением.

Для подъема блоков-комнат применяют самоуравновешивающиеся стропы (рис. VIII.24, *а*). Блоки поднимают в два приема: сначала на 30—40 *см* над площадкой прицепа, затем, после проверки надежности строповки,— на нужную высоту, с которой их подают к месту установки.

Все блоки-комнаты сразу же устанавливают в проектное положение, выверка должна быть закончена до снятия стропов. Для обеспечения требуемого зазора между блоками рекомендуется применять фиксаторы (рис. VIII. 24, б).

Как правило, на первом этаже блоки начинают устанавливать от середины к краям, а на всех вышележащих — следят за совпадением блоков с ранее установленными.

§ 5. МОНТАЖ ЗДАНИЙ СПОСОБОМ ПОДЪЕМА ПЕРЕКРЫТИЙ ИЛИ ЭТАЖЕЙ

Сущность этого индустриального способа возведения многоэтажных каркасных промышленных, общественных и жилых зданий заключается в изготовлении всех плит перекрытий и покрытия на земле (на уровне подготовки под полы или на плите перекрытия над подвалом) и последующем подъеме каждой плиты на ее проектную отметку с закреплением в этом положении на ранее установленных колоннах.

Этот способ особенно эффективен при возведении зданий большой ширины, а также в стесненных условиях или на участках со значительными уклонами, где нельзя установить наземный кран, и в сейсмических районах.

Способ подъема перекрытий применяют в случаях небольшой насыщенности этажей внутренними элементами (перегородками, диафрагмами и др.) и при большой высоте зданий, а способ подъема этажей — при большом количестве элементов на этаже и небольшой высоте зданий.

Процесс возведения таких зданий состоит из нескольких этапов. Сначала устраивают фундаменты и бетонируют плиты перекрытий над подвалом. Затем бетонируют жесткое ядро (лестнично-лифтовую шахту), устанавливают колонны первого яруса и надевают на них металлические «воротники» (опуская их до самого низа) в количестве, равном числу плит перекрытий и покрытия. После этого поочередно укладывают арматуру, приваривают к ней воротник и бе-

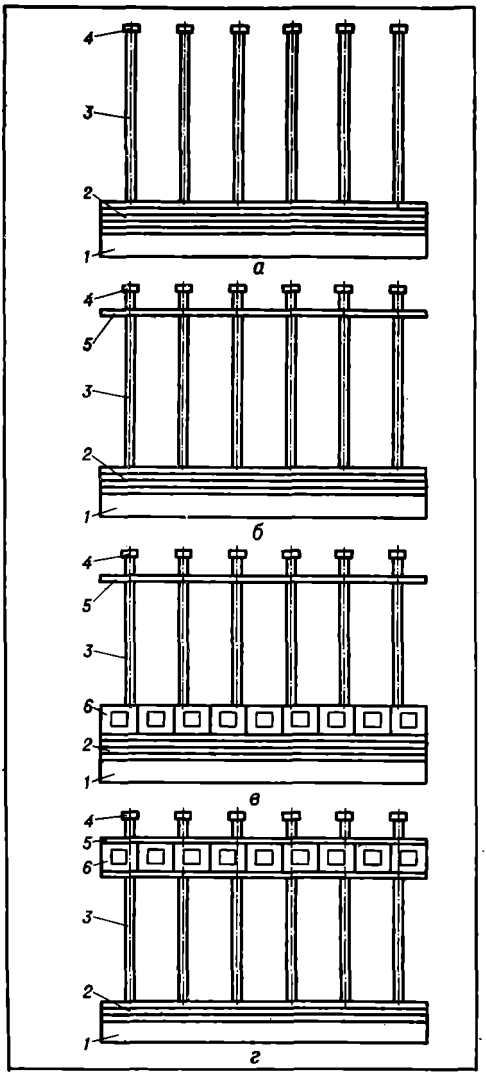


Рис. VIII.25. Схема монтажа зданий способом подъема этажей:

а — плиты перекрытий и покрытия, подготовленные к подъему; *б* — плита покрытия, поднятая на высоту первого яруса; *в* — стеновые панели верхнего этажа, смонтированные на перекрытии; *г* — тот же этаж, поднятый на высоту первого яруса; *1* — фундамент; *2* — изготовленный пакет плит на все здание; *3* — колонны; *4* — подъемники; *5* — плита покрытия; *6* — стеновые панели.

тонируют каждую плиту. Изготовляют плиты целиком или по частям (при большой площади здания) и после затвердения бетона наносят на его поверхность разделительный слой из пасты, эмульсии или пленки, что облегчает в последующем отрыв поднимаемой плиты от нижней. Когда бетон всех изготовленных плит достигает проектной прочности, приступают к их подъему.

При возведении здания способом подъема этажей на очередной плите перекрытия башенным краном устанавливают все сборные элементы этажа (перегородки, стеновые панели — внутренние и наружные и др.) и после этого производят подъем (рис. VIII.25, *а—г*).

Перекрытия и этажи поднимают гидравлическими или электрическими подъемниками, которые закрепляют на колоннах в обхват или на их оголовках. Все подъемники должны работать синхронно.

Первой поднимают плиту покрытия, на поверхности которой предварительно укладывают утеплитель и частично кровельный ковер. На плите устанавливают легкий самоходный кран, используемый в дальнейшем для наращивания колонн при большой высоте зданий.

Поднятую до проектной отметки плиту закрепляют на колоннах с помощью штырей или клиньев, на которые опирается металлический короб (воротник), забетонированный в плите и охватывающий колонну с небольшим зазором. В некоторых случаях плиту сначала поднимают на 1,8 *м*, временно закрепляют в этом положении, штукатурят потолок и затем поднимают до проектной отметки.

После установки покрытия поднимают плиту перекрытия самого верхнего этажа, или полностью смонтированный этаж (рис. VIII.25, *г*), затем последовательно все нижележащие плиты перекрытий (этажи).

§ 6. ДОСТИЖЕНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ

Устанавливаемые элементы имеют шесть степеней свободы перемещения: три поступательных и три вращательных (рис. VIII.26,*а*). Точности установки элементов—соответствия проектным размерам или допускаемым отклонениям — достигают **ограничением части или всех возможных перемещений** элементов при монтаже.

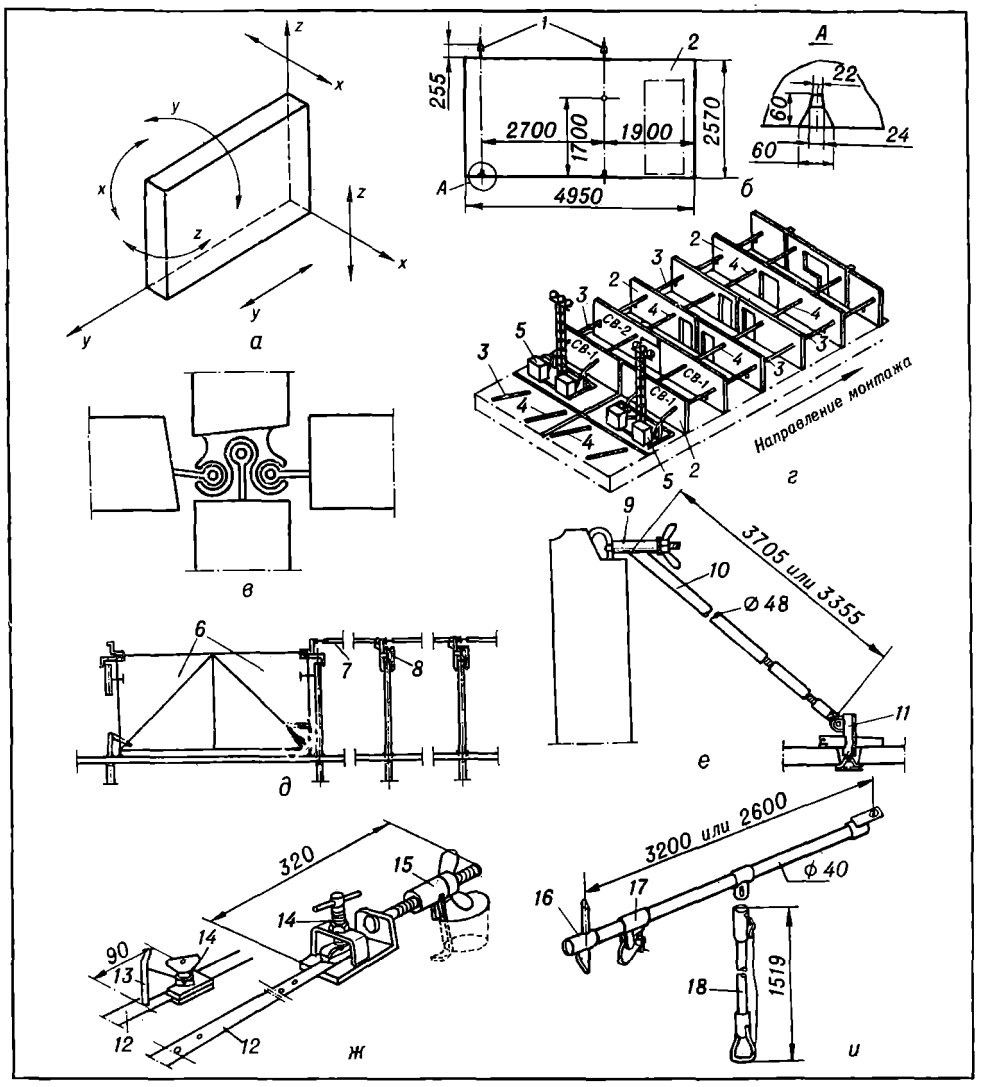


Рис. VIII.26. Устройства для повышения точности монтажа:

а — возможные перемещения монтируемых элементов при установке; *б* — конструктивные изменения в стеновых панелях; *в* — устройство самофиксирующего замка на торцовых гранях панелей; *г* — схема установки и крепления поперечных стен; *д* — схема привязки панелей поперечных стен к жестко-шарнирному кондуктору; *е* — подкос; *ж* — схема закрепления стальной ленты; *и* — горизонтальная связь; *1* — штыревые фиксаторы с конусными головками; *2* — стеновые панели; *3* — рядовые стабилизаторы; *4* — внутренние стабилизаторы; *5* — установщики с прожекторами; *6* — кондуктор; *7* — трубчатая связь; *8* — струбцина; *9* — верхняя захватная головка; *10* — подкос с натяжной муфтой; *11* — клиновой захват; *12* — стальные ленты; *13* — упорный фиксатор; *14* — зажимы; *15* — натяжное устройство в технологическом отверстии; *16* — хомут с неподвижным упором; *17* — хомут с подвижным упором; *18* — монтажная ручка.

Например, для ограничения перемещений панелей несколько изменяют конструкцию их стыков, что обеспечивает их пространственную самофиксацию (рис. VIII.26,*б*,*в*). Штыревые фиксаторы, замоноличенные в верхней грани установленных панелей, при опускании на них следующего ряда панелей с лунками в нижней грани и самофиксирующие замки, сделанные в боковых гранях

панелей, ограничивают свободу перемещения не менее чем в пяти направлениях.

На штыревые фиксаторы навинчивают стальные опорные шайбы и надевают конусные головки, назначение которых — быть опорой, выверенной геодезическими инструментами. На штыревые фиксаторы можно также навинчивать петли для строповки панелей.

Кроме того, в панелях поперечных внутренних стен на высоте 1700 *мм* устраивают сквозные монтажные отверстия, а во всех наружных стеновых панелях на той же высоте замоноличивают закладные детали.

В монтажное оснащение, используемое при ограничении свободы перемещения конструкций, входит установщик, являющийся базой, и удерживающе-ограничивающие устройства — стабилизаторы с навесными приспособлениями (рис. VIII.26, *г*).

Монтаж этажа начинают с геодезической разбивки базовых осей и проверки положения штыревых фиксаторов, установленных на панелях нижнего этажа. После установки всех опорных шайб по нивелиру на одном уровне их приваривают к штыревым фиксаторам и надевают конусные головки.

Концы штыревых фиксаторов и конусных головок должны войти в отверстия панелей монтируемого этажа — этим определяется положение низа панелей. В отверстия, расположенные на высоте 1700 *мм*, закладывают стабилизаторы, при этом первый прикрепляют к установщику, а все последующие — один к другому. Размер стабилизаторов (калиброванный) определяет шаг панелей по верху.

Еще более высокая точность установки панелей и других конструкций может быть достигнута применением трафаретов или переходом на автоматически управляемый процесс монтажа.

Трафареты — пространственная жесткая конструкция, укладываемая на монтажный уровень (т. е. поверхность смонтированного этажа) до начала установки конструкций следующего яруса. В трафаретах предусмотрены зазоры для опускания стеновых панелей и упоры для их закрепления. Трафареты — очень дорогостоящие устройства. Их применение, как и автоматическое управление, целесообразно лишь при многократном повторении монтажа типовых зданий.

Все устройства, применяемые для закрепления и выверки элементов, можно разделить на два вида: групповые и индивидуальные.

К групповому оснащению относятся приспособления и устройства, используемые при ограниченно-свободном способе монтажа (см. с. 294), а именно: *калиброванные связи* и *распорки*, позволяющие устанавливать поперечные панели зданий точно на таком расстоянии одна от другой, которое задано проектом. Отсчет расстояний между панелями ведут от первой — базовой панели, жестко закрепленной в проектном положении с помощью *установщиков* (рис. VIII.26,*г*), *кондукторов* (рис. VIII. 26,*д*), *фиксаторов* (рис. VIII.26,*ж*,*и*) и др.

Благодаря креплению всей системы связей к кондукторам и калибровке их размеров расстояние между всеми панелями строго фиксировано, что повышает точность установки всех вертикальных элементов.

ЦНИИОМТП предложил оснащение, состоящее из горизонтальных связей для крепления поперечных стеновых панелей по верху, лент с упорами для ограничения установки их по низу и индивидуальных креплений (подкосов) для установки наружных стеновых панелей. Сначала обычным способом по рискам устанавливают на участке все наружные панели и крепят их *подкосами* (рис. VIII.26,*е*), затем по уложенным на перекрытии нижнего этажа двум рядам *лент* (рис. VIII.26, *ж*) устанавливают поперечные панели. При установке панели ее низ прижимают к упорам на лентах, а на верхние грани надевают *горизонтальные связи* (рис. VIII.26, *и*), благодаря чему и верх раскрепляется с отсчетом от той же базовой панели. Концы лент закрепляют в технологических отверстиях перекрытия. В местах их расположения раствор не укладывают, чтобы легче было вытаскивать ленты после монтажа и закрепления панелей.

Индивидуальное оснащение — это приспособления и устройства, используемые в основном при свободном методе монтажа элементов (подкосы, угловые связи и др.).

§ 7. ЗАДЕЛКА СТЫКОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Стыки заделывают, чтобы закрепить конструкции в проектном положении, сохранить их прочность на длительное время, предохранить металл от коррозии и защитить ограждающие конструкции от продувания и проникновения влаги.

В зависимости от назначения стыков при их заделке выполняют следующие процессы: сварку арматурных выпусков или закладных металлических деталей и накладок и их антикоррозионную защиту, бетонирование, заделку стыков и швов между элементами раствором, теплоизоляцию и герметизацию стыков и швов.

Соединение арматурных выпусков или закладных металлических деталей и накладок обычно выполняют электрической дуговой сваркой на переменном токе. При этом применяют сварку швами, ванную и ванно-шовную. Типы электродов предусматриваются проектом.

Антикоррозионная защита стыкуемых металлических элементов (арматуры, планок, накладок и др.) имеет большое значение для сохранения прочности стыков. Ее можно осуществить газопламенным и механическим нанесением покрытий (лакокрасочных, металлических, комбинированных), а также электрохимическим способом.

Покрытия на металл наносят после его тщательной очистки. В качестве лакокрасочных покрытий используют перхлорвиниловые лаки, полистирольные клеи, эпоксидные лаки, а также их смеси с цементами. Лакокрасочные покрытия значительно лучше держатся на металле, если нанесены на предварительно огрунтованную поверхность. Кроме общеизвестных масляных грунтов, могут быть использованы грунты на основе фенольных смол, эпоксидные и др.

Металлические покрытия на металлические элементы стыков сборных железобетонных элементов наносят гальваническим способом (цинк), а также напылением (цинк, алюминий). Делать это следует в мастерских или специальными механизмами в построечных условиях.

Стойкость антикоррозионных покрытий намного увеличивается, если стык заполняют цементным раствором и хорошо его уплотняют.

Бетонируют или заделывают раствором зазоры между железобетонными элементами (швы между панелями перекрытий и покрытий, между стеновыми панелями и др.) и стыки, воспринимающие расчетные усилия (стыки колонн, балок, прогонов, ригелей и т. п.). Прочность стыков должна быть не ниже прочности стыкуемых конструкций. Во многих случаях бетон (раствор), заполняющий стык, имеет также теплоизоляционное назначение.

Бетонные (растворные) стыки могут быть выполнены механизированным, полумеханизированным способом или вручную. Процесс укладки бетонной (растворной) смеси в стыки можно механизировать с помощью растворонасосов, растворонагнетательной установки Н. С. Марчукова, пневмонагнетателей и вибробункеров.

Растворонасосы такие же, как для транспортирования растворов при штукатурных и каменных работах, применяют при укладке раствора в горизонтальные и вертикальные стыки стен, панелей перекрытий и покрытий зданий, а также при раздельном бетонировании стыков. Вначале в стык укладывают крупный заполнитель, потом нагнетают цементный раствор. Этим способом целесообразно бетонировать открытые стыки с большими полостями в конструкциях промышленных зданий и сооружений, где можно укладывать крупный заполнитель.

Растворонагнетательная установка Н. С. Марчукова состоит из прямоточного насоса, компрессора, смесительной камеры и растворосмесителя (рис. VIII.27, *а*). Установка не только транспортирует раствор, но и уплотняет его благодаря большой скорости выхода смеси из сопла (до 100 *м/сек*). Уплотнение бетонной

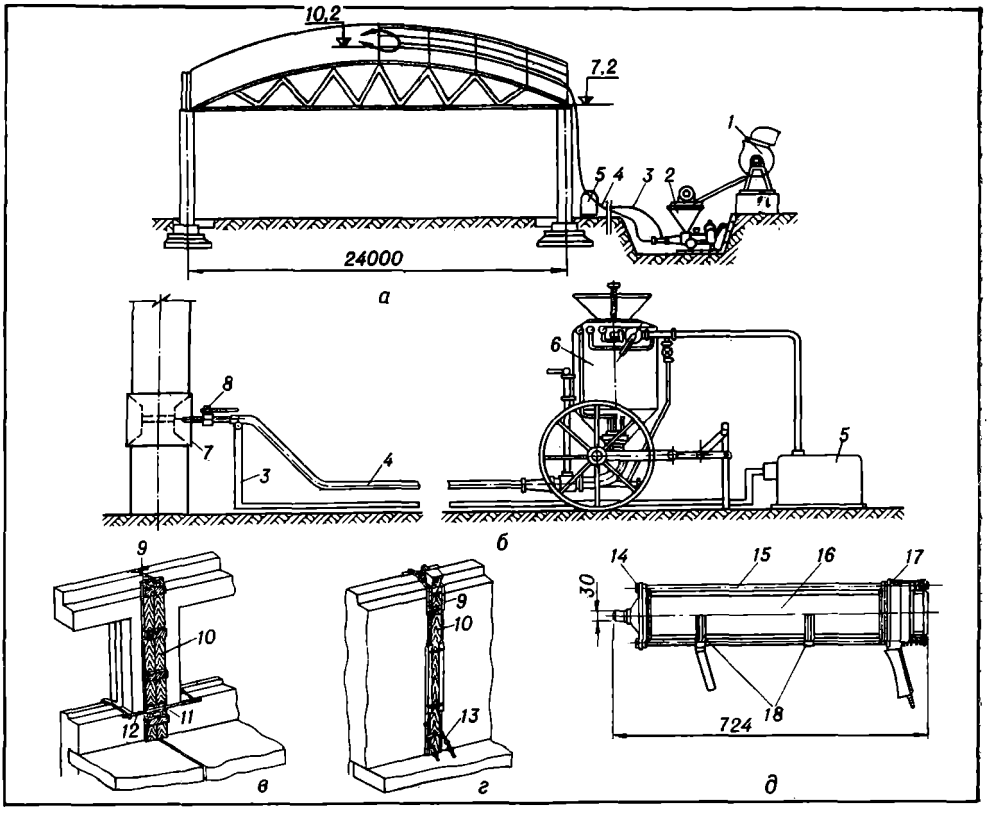


Рис. VIII.27. Оборудование для заделки стыков:

а — установка Н. С. Марчукова; *б* — пневмонагнетатель для бетонирования стыков; *в* — опалубка для замоноличивания вертикальных стыков стеновых панелей с оконными проемами; *г* — то же, без проемов; *д* — шприц ЦНИИОМТП для нагнетания мастик УМ-40 и УМС-50; *1* — растворосмеситель; *2* — растворонасос; *3* — воздуховоды; *4* — трубопроводы; *5* — компрессоры; *6* — нагнетатель; *7* — опалубка стыка колонны; *8* — наконечник с краном; *9* — обжимные скобы; *10* — опалубка; *11* — клинья; *12* — стяжная рама; *13* — упоры; *14* — передняя крышка; *15* — стяжной болт; *16* — гильза; *17* — задняя подвижная крышка; *18* — упоры.

(растворной) смеси достигается почти такое же, как при торкретировании. Эта установка годится для подачи бетонной смеси на крупнопесчаном заполнителе с размером зерен до 8 *мм* при заделке несущих стыков с узкой полостью, насыщенной арматурой, стыков панелей стен, перекрытий и покрытий промышленных зданий, а также стен жилых и гражданских зданий.

Пневмонагнетатели (рис. VIII.27, *б*) используют для заполнения открытых стыков с большими полостями, а также стыков наружных стеновых панелей промышленных, жилых и гражданских зданий раствором или бетоном с заполнителем размером не более 15 *мм*. Пневматические нагнетатели обеспечивают транспортирование малоподвижных смесей и более плотную укладку смеси в стык, чем растворонасосы. Кроме того, нагнетатели проще по устройству.

Вибробункеры могут быть отнесены к средствам малой механизации, обеспечивающим полумеханизированный способ укладки смесей в стыки. Применять вибробункеры рекомендуется при заделке раствором, песчаным бетоном и бетоном с крупным заполнителем вертикальных стыков наружных стеновых панелей зданий, а также вертикальных стыков в сооружениях.

Во всех случаях, когда бетонную смесь или раствор в стыках нельзя уплотнить обычными вибраторами, следует

использовать глубинные вибраторы с наконечниками малых диаметров.

Если для замоноличивания стыка требуется не более 50—100 *л* смеси и количество таких стыков невелико, укладку в них смеси и ее уплотнение можно выполнить вручную.

В стыки колонн с фундаментами стаканного типа, в горизонтальные швы между панелями и т. п. бетонную (растворную) смесь укладывают без опалубки. При укладке смеси в стыки балок с колоннами, заделке вертикальных стыков и в других случаях, когда смесь может вытекать, надо устраивать опалубку (рис. VIII.27,*в*,*г*), которая должна быть инвентарной, сборно-разборной и закрепляться по возможности без гвоздей.

Теплоизоляцию устраивают в стыках, главным образом, наружных стеновых панелей. Для этого используют вкладыши из пенополистирола, полужестких плит из минеральной ваты или ячеистый бетон малой объемной массы (400—600 *кг/м*³). Теплоизоляционные свойства вкладышей из ячеистого бетона ухудшаются при увлажнении их или среды, поэтому стыки должны быть предохранены от попадания в них влаги.

Герметизация стыков предохраняет от проникания влаги внутрь здания. Для этой цели применяют прокладки и мастики.

Прокладки в виде полос или жгутов изготовляют из гидроизоляционного пороизола (пористый материал черного цвета), а также из гернита (пористый материал светлых тонов). По сечению и диаметрам прокладки подбирают так, чтобы они были сжаты в стыке на 30—50%. Для приклеивания прокладок и покрытия их поверхностей используют мастики (изол и др.).

Герметизирующие прокладки в горизонтальные стыки можно укладывать до установки новой панели или одновременно с нею, а в вертикальные стыки — с люлек по окончании монтажа на этаже. В последнем случае прокладки закатывают в швы роликами снизу вверх. Прокладки закрепляют в швах на холодной мастике.

Мастики (полиизолбутиленовые УМС-50 и МПС, а также тиоколовую) используют для промазки швов.

Чаще других в практике крупнопанельного строительства применяют *мастику УМС-50* как более дешевую и стойкую. Швы ею заполняют шприцами (рис. VIII.27, *д*) под давлением около 400 *кн/м*² (4 *кгс/см*²). Шприц представляет собой корпус со сменными патронами из картона или других материалов, которые наполняют мастикой на специальной зарядной установке. Заполненные патроны укладывают в термостат, где мастика нагревается до 70—90, а в зимнее время — до 100° С и выше.

Тиоколовую мастику также наносят шприцом под давлением около 600 *кн/м*² (6 *кгс/см*²). Но она стоит дороже и требует бóльших затрат труда, поэтому ее применяют реже.

При использовании любых герметизирующих материалов хорошая изоляция может быть обеспечена только при тщательной очистке поверхностей стыкуемых элементов.

В зимних условиях способы заделки стыков и швов бетоном и раствором зависят от конструкции стыков, которые делят на воспринимающие расчетные усилия и не воспринимающие их. Оба вида стыков бывают с металлическими конструкциями, арматурой, закладными или накладными элементами или без них.

Для заделки стыков в зимнее время применяют такой же бетон или раствор, как и в летнее время, но перед замоноличиванием предварительно обогревают стыкуемые поверхности до положительной температуры и затем продолжают обогрев или прогрев до получения бетоном или раствором не менее 50% проектной прочности. Можно также применять бетон или раствор с противоморозными добавками. В этом случае нет необходимости в обогреве стыкуемых поверхностей и замоноличиваемого стыка.

К методам приготовления и укладки бетонной смеси и раствора для замоноличивания стыков предъявляются те же требования, что и к бетону и раствору, применяемым в зимних условиях для изготовления монолитных конструкций (см. разд. VII, с. 228).

Обогрев бетона или раствора замоноличенных стыков применяют для

стыков, воспринимающих расчетные усилия. Для обогрева используют отражательные печи, внутренние нагревательные приборы, греющую опалубку, а также индукционный способ.

Отражательные печи различной формы и мощности обеспечивают лучевое нагревание. Для лучшего использования излучаемого тепла рекомендуется стык утеплять.

Внутренние нагревательные приборы — трубчатые электронагреватели (ТЭН) мощностью 100—200 *вт* — изготовляют на специальных заводах или непосредственно на строительной площадке. Нагреватели вставляют в бетон и, подключив к сети, обогревают стык в течение 24—30 *ч*. ТЭНы используют также для обогрева полости стыка до укладки бетонной смеси.

Греющая опалубка может быть жесткой и мягкой, она совмещает конструкцию опалубки стыка и нагревательных печей. Внутри щитов греющей опалубки располагают нагревательные спирали. К жесткой относится опалубка из металла, дерева, асбестоцементных плит и других материалов, к мягкой — опалубка из резины, пластиковых материалов и т. п.

Индукционный способ обогрева заключается в следующем. На наружную поверхность опалубки стыка наматывают изолированный провод определенного сечения, образующий катушку-индуктор, через которую пропускают переменный ток. Образующееся магнитное поле вызывает вихревые токи, разогревающие арматуру и бетон.

Электропрогрев бетона стыков применяют независимо от того, воспринимают ли стыки расчетные усилия. Для нагрева бетона используют все виды электродов.

Бетон с противоморозными добавками можно применять для заделки любых стыков. В зависимости от типа стыков и температуры наружного воздуха принимают соответствующее количество добавок.

Следует помнить, что противоморозные добавки нельзя применять в агрессивных средах, при повышенной влажности (более 60%) и высоких температурах среды (выше 60° С), в непосредственной близости от источников тока высокого напряжения и в конструкциях, испытывающих динамические нагрузки.

Замораживание растворов на ранней стадии допускается в основном в стыках, не воспринимающих расчетных усилий и не имеющих закладных элементов, или в стыках с металлическими оцинкованными скобами. Это швы перекрытий гражданских, а в некоторых случаях и промышленных зданий и другие зазоры между сборными элементами.

Раствор при положительной температуре укладывают в швы, сразу же вибрируют, затем допускают замораживание. При оттаивании раствор твердеет и обеспечивает достаточную прочность. Рекомендуется применять для растворов портландцемент марки 400 и выше, а также быстротвердеющие и глиноземистые цементы.

§ 8. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНТАЖА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ведущим при монтаже железобетонных конструкций является процесс, содержащий операции по подъему, установке и временному закреплению конструкций. Этот процесс определяет общую продолжительность монтажных работ.

Подъем, установку, выверку и временное закрепление осуществляют, не делая перерыва, а остальные процессы могут быть выполнены после некоторого перерыва, требуемого для создания фронта работ, а также для того, чтобы обеспечить безопасное совмещение во времени работ на разных участках здания.

Железобетонные конструкции монтируют в соответствии с технологическими картами, входящими в состав проекта производства работ.

Организация монтажа одноэтажных промышленных зданий. Железобетонные конструкции одноэтажных промышленных зданий монтируют в основном раздельным и комбинированным способами: за первый проход по пролету краном устанавливают колонны, за второй —

подкрановые балки, а за третий — все элементы покрытия. При наличии подстропильных балок их устанавливают вместе с подкрановыми балками.

Монтаж можно вести одним краном за два-три прохода или группой кранов (комплектом), каждый из которых устанавливает один или несколько видов конструкций (например, одним краном — колонны, вторым — элементы покрытий). При возведении одноэтажных зданий больших размеров для монтажа конструкций иногда используют несколько комплектов кранов.

Отдельные краны или их комплект выбирают на основании сравнения технико-экономических показателей (см. гл. 2, с. 253), а количество комплектов определяют на основе заданных сроков и производительности кранов.

Самоходные краны в зависимости от их грузоподъемности, размера пролета и массы колонн могут проходить посредине пролета или по его краям, вблизи от продольных осей (рис. VIII.28,*а*, *1*, *2*). При проектировании схемы движения кранов на монтаже колонн следует учитывать возможность перехода крана из первого пролета через один в третий и т. д.

Схема движения кранов при монтаже элементов покрытий зависит от длины плит покрытия. Если их длина 6 *м*, кран перемещается вдоль пролета и, находясь в очередной ячейке, устанавливает элементы покрытия на предыдущей ячейке. При длине плит 12 *м* могут иметь место три схемы движения крана: первая — продольная; вторая — для ферм — продольная, а для установки плит — поперечная и третья — поперечная для всех элементов покрытия (рис. VIII.28,*а*, *3*, *4*). Если принята продольная схема движения крана для установки плит длиной 12 *м*, требуемый вылет стрелы $L_м$ и высота подъема крюка крана $H_м$ (см. рис. VIII.1) несколько увеличиваются, и приходится выбирать кран значительно большей грузоподъемности, чем нужно для подъема плит.

При монтаже конструкций башенными или козловыми кранами схемы их движения обусловлены расположением подкрановых путей.

Последовательность установки конструкций одноэтажных зданий зависит от принятой схемы движения крана. Колонны устанавливают последовательно по обоим краям пролета при проходе крана посредине или по каждой оси отдельно при проходе крана по краям пролета (рис. VIII. 28,*а*, *1*,*2*). Плиты покрытия в большинстве случаев укладывают от одного края пролета к другому (рис. VIII.28,*б*). Все крайние плиты монтажники оборудуют ограждением. При наличии фонаря плиты укладывают от краев к фонарю, а затем на рамах фонаря — от одного края к другому (рис. VIII. 28, *в*).

Для организации процесса монтажа конструкций одноэтажных промышленных зданий поточным методом их расчленяют на *монтажные участки*, которые могут быть одинаковыми или неодинаковыми. Здания из унифицированных типовых секций (УТС) одного типа можно расчленить на одинаковые участки, равные отдельным секциям. Здания неунифицированные и из разноразмерных секций расчленяют, как правило, на неодинаковые участки. В одинаковых участках объем работ, количество конструкций, схема движения кранов и последовательность установки элементов повторяются, в неодинаковых они могут быть переменными.

При монтаже конструкций раздельным способом размер участка оказывает большое влияние на последовательность установки колонн и всех элементов, укладываемых поверх них. Основное условие при этом — соблюдение технологического правила, по которому конструкции следующего яруса можно устанавливать только после заделки стыков колонн в фундаментах и выдерживания бетона в стыках до получения им 70% проектной прочности. В трехпролетных типовых секциях нужная прочность бетона в стыках может быть достигнута, если монтаж элементов покрытия вести после установки и закрепления всех колонн секции. При меньшем количестве пролетов и в неодинаковых участках интервал между монтажом элементов рассчитывают.

Если технологический перерыв между началом установки колонн и элемен-

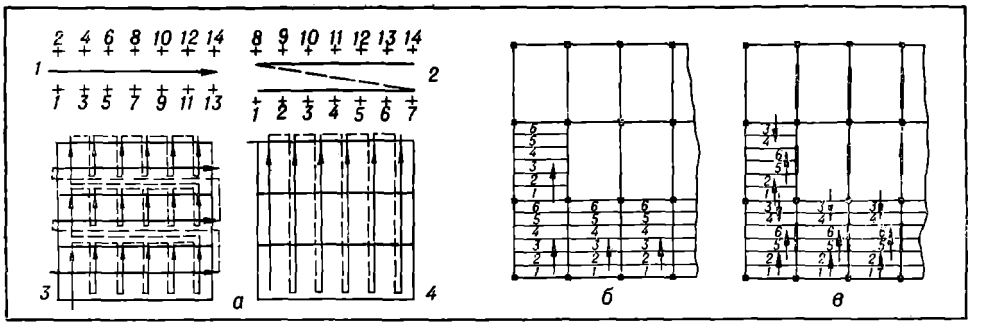


Рис. VIII.28. Схемы движения кранов и последовательность установки железобетонных конструкций:

а — схема движения самоходных кранов при монтаже одноэтажных промышленных зданий; *б* — последовательность установки панелей покрытия при отсутствии фонарей; *в* — то же, при наличии фонарей; *1* — движение посредине пролета при установке колонн; *2* — то же, по краям пролета; *3* — продольное при установке ферм и поперечное при установке панелей покрытия; *4* — поперечное при монтаже всех элементов покрытия

тов следующего яруса обозначить $\tau_{мин}$, а продолжительность установки колонн на участке — $t_{мин}$, то, исходя из приведенного технологического правила,

$$t_{мин} \geqslant \tau_{мин}. \qquad \text{(VIII.14)}$$

Здесь

$$\tau_{мин} = t_ф + t_в,$$

где $t_ф$ — время на образование фронта работы — интервал между началом установки первых колонн и бетонированием стыков, дней; $t_в$ — технологический перерыв (выдерживание бетона в стыках) от начала бетонирования до получения бетоном 70% проектной прочности.

За время $t_{мин}$ на участке устанавливают N колонн. Зная продолжительность установки одной колонны $t_{о.к}$, можно $t_{мин}$ определить по формуле

$$t_{мин} = \frac{N_{мин} t_{о.к}}{CA}, \qquad \text{(VIII.15)}$$

или

$$\frac{N_{мин} t_{о.к}}{CA} = (t_ф + t_в)\frac{t_к}{t'_к}, \qquad \text{(VIII.16)}$$

где C — продолжительность смены, *ч*; A — количество рабочих смен в течение суток; $t_к$ — длительность установки колонн обоих рядов в одном пролете, *ч*; $t'_к$ — то же, одного ряда колонн краном за вторую ходку, *ч*.

Отсюда находят минимальное требуемое число колонн на монтажном участке

$$N_{мин} = \frac{CA(t_ф + t_в)t_к}{t_{о.к}t'_к} \text{ шт.} \qquad \text{(VIII.17)}$$

Если длительность монтажа колонн $t_к$ или $t'_к$ больше продолжительности монтажа элементов следующего яруса (подкрановых балок или элементов покрытия) $t_п$, надо найти отношение

$$t_к/t_п = \varphi \text{ или } t'_к/t_п = \varphi$$

и числитель в формуле (VIII. 17) умножить на ф. Если коэффициент $\varphi < 1$, его значение принимают равным единице.

В общем виде формула (VIII.17) с учетом значения ф примет вид

$$N_{мин} = \frac{CA\varphi(t_ф + t_в)t_к}{t_{о.к}t'_к} \text{ шт.} \qquad \text{(VIII.18)}$$

Исходя из величины $N_{мин}$, определяют границы участков или решают, правильно ли здание разделено на участки.

При монтаже конструкций не с транспортных средств, а также для укрупнительной сборки конструкций в зоне действия монтажных кранов устраивают приобъектные склады (рис. VIII.29, *а*, *б*). Правила хранения конструкций на них те же, что и на центральных складах, только значительно уменьшается высота штабелей, так как конструкции укладывают ближе к месту их установки.

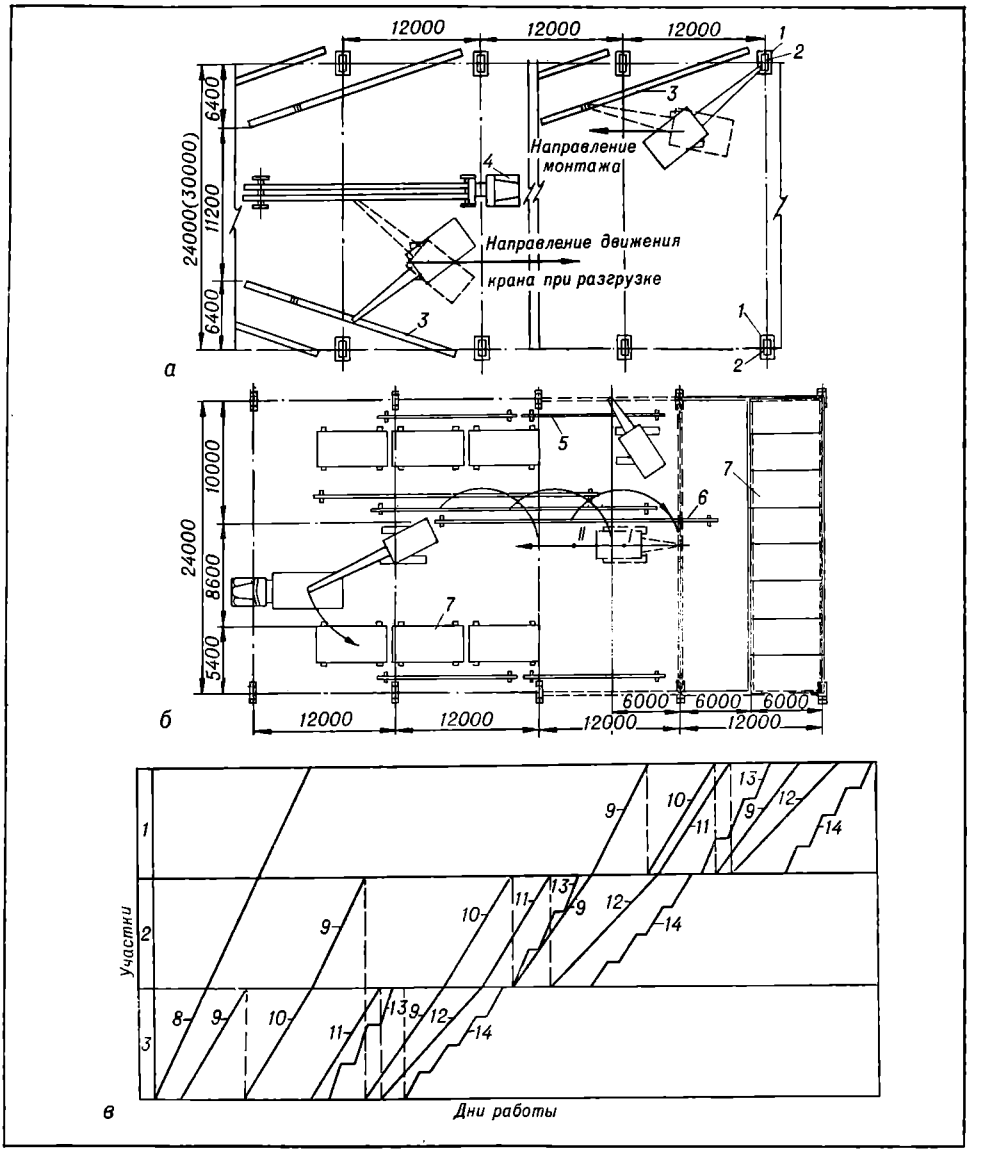


Рис. VIII.29. Организация процесса монтажа железобетонных конструкций:

а — схема расположения на приобъектном складе в зоне действия монтажного крана колонн; *б* — то же, ферм и плит покрытия; *в* — циклограмма специализированного потока монтажа конструкций одноэтажного промышленного здания; *1* — фундаментные блоки; *2* — колонны установленные; *3* — то же, на складе; *4* — тягач с прицепом-роспуском; *5* — подстропильная ферма; *6* — стропильная ферма; *7* — плиты покрытия; *8* — монтаж фундаментных блоков; *9* — разгрузка конструкций и вспомогательных материалов; *10* — оснастка колонн; *11* — монтаж колонн и подкрановых балок; *12* — монтаж ферм и плит покрытия; *13* — заделка стыков колонн; *14* — заливка швов покрытия.

Колонны раскладывают вдоль пролета параллельно или под углом к продольной оси (рис. VIII.29,*а*) по одной. При подъеме поворотом основание колонны должно быть уложено у фундамента, а при подъеме скольжением центр тяжести колонн должен быть несколько смещен от поперечной оси фундамента.

Фермы и балки располагают вдоль пролета так, чтобы центр их тяжести не заходил за ранее установленные конструкции покрытия (рис. VIII.29,*б*), в противном случае полиспаст с крюком крана нужно оттягивать под перекрытие, что не допускается.

Плиты покрытия укладывают в штабеля по 3—4 шт. по обе стороны пролета.

Стеновые панели располагают снаружи против тех ячеек, где они должны быть установлены, на таком расстоянии от стены, чтобы мог пройти монтажный кран.

На приобъектном складе укладывают не все конструкции сразу, а последовательно: сначала колонны, а после их установки — элементы покрытия. Во всех случаях между штабелями и монтажным краном должна быть оставлена дорога для машин, доставляющих конструкции.

Конструкции, которые трудно перевозить в собранном виде (например, фермы больших пролетов, колонны, оболочки), укрупняют в зоне действия монтажного крана.

Конструкции одноэтажных промышленных зданий следует монтировать поточным методом. Комплексный процесс монтажа конструкций — это специализированный поток, результатом которого является смонтированная коробка здания. Этому потоку предшествуют потоки по устройству подземной части здания и прокладке коммуникаций, а после него следуют потоки по устройству кровли, фундаментов под оборудование, монтажу технологического, сантехнического и другого оборудования.

Специализированный поток — монтаж конструкций (разноритмичный и прерывистый) — состоит из частных потоков: установки конструкций в проектное положение, электросварки элементов стыков и заделки стыков. Характер циклограммы монтажа одноэтажных промышленных зданий показан на рис. VIII.29,*в*.

Организация монтажа конструкций многоэтажных каркасных зданий. Монтаж железобетонных элементов многоэтажных зданий ведут раздельным или комплексным способом.

Если здание имеет полный каркас с навесными стеновыми панелями, то обычно принимают такую последовательность установки элементов: на участке устанавливают все колонны, после заделки стыков колонн на них укладывают ригели, по ригелям — плиты перекрытия и в последнюю очередь навешивают стеновые панели.

Когда колонны устанавливают в групповые кондукторы, рекомендуется последовательно на ячейке устанавливать сначала колонны, затем ригели и плиты перекрытия и только после этого окончательно закреплять их.

Конструкции монтируют в основном башенными кранами и реже самоходными или козловыми. Расстановка башенных кранов зависит от ширины зданий.

Схемы расстановки кранов бывают такими: один кран с одной стороны здания (рис. VIII.30,*а*); два крана с одной стороны (рис. VIII.30,*б*); по одному крану с каждой стороны (рис. VIII.30,*в*); по два крана (или больше) с каждой стороны (рис. VIII.30,*г*); один кран в середине при большой ширине здания (рис. VIII.30,*д*).

Решение вопроса об установке башенных кранов с одной или с двух сторон здания зависит не только от ширины крана и вылета стрелы, но и от расстояния, которое может быть оставлено от наружной поверхности стен до оси крана или подкрановых путей (рис. VIII. 30, *е* — *к*).

При установке двух и более кранов с разных сторон здание делят на *монтажные зоны* для каждого крана, которые, в свою очередь, расчленяют на *монтажные участки*.

Приобъектные склады располагают с одной или двух сторон здания. На складе элементы складывают в штабеля, соблюдая требования к их сохранности (рис. VIII.30,*л*).

Монтаж конструкций многоэтажных промышленных зданий, как и одноэтажных, ведут поточным методом по трем возможным схемам развития потока — горизонтальной, вертикальной, смешанной (рис. VIII.31,*а*,*б*). При *горизонтальной схеме* все конструкции устанавливают поэтажно. *Вертикальная схема* предусматривает монтаж

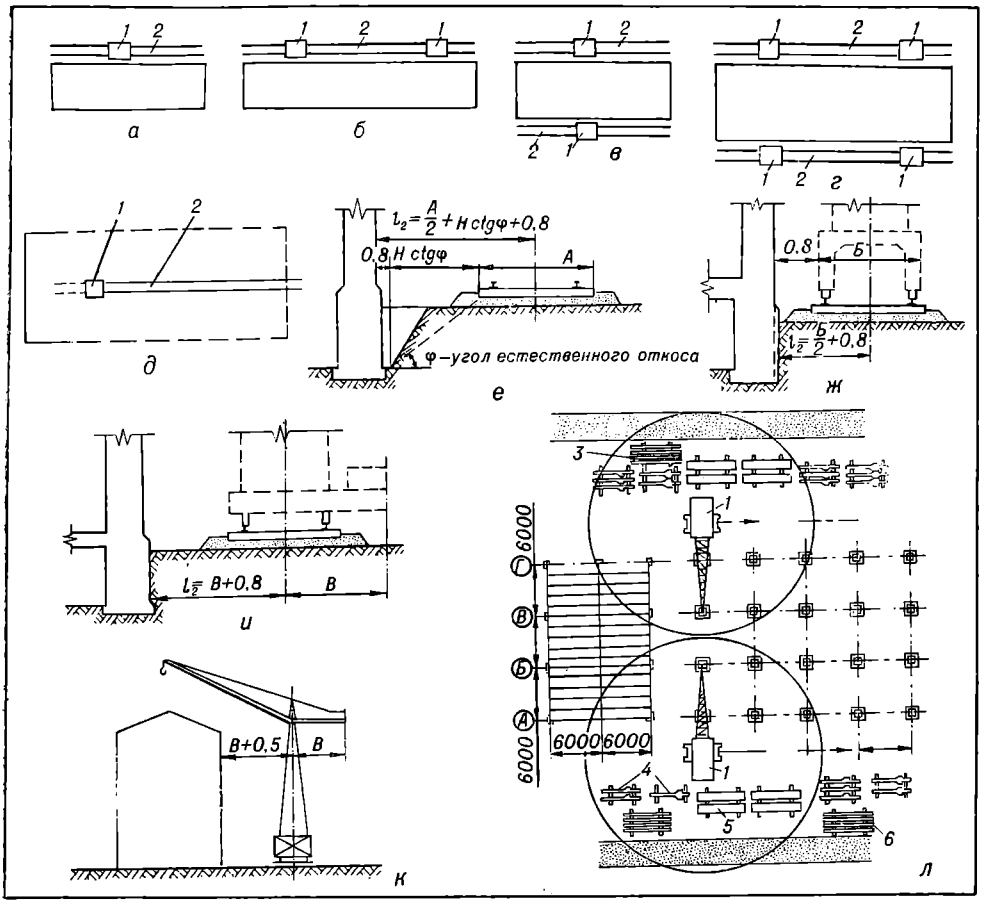


Рис. VIII.30. Схемы расположения башенных кранов и приобъектных складов при монтаже многоэтажных зданий:

а — г — снаружи здания; *д* — внутри здания; *е* — при открытом котловане; *ж* — при закрытом котловане; *и* — кранов с нижней противовесной площадкой; *к* — кранов с верхним противовесом и поднятой стрелой; *л* — схема расположения приобъектного склада; *1* — краны; *2* — подкрановые пути; *3* — ригели перекрытий; *4* — колонны; *5* — панели перекрытий; *6* — стеновые панели.

конструкций по отсекам на всю высоту здания (ее применяют, когда это требуется для технологии производства и в случае расположения монтажных кранов внутри здания), а *смешанная* — совмещение в разных частях здания той и другой схемы.

Независимо от схемы монтажа здание расчленяют на монтажные участки, размеры которых определяют расчетом, исходя из того, что смонтированная часть конструкций должна быть устойчивой, а монтаж должен вестись непрерывно. Если колонны первого яруса (этажа) установлены в стаканы фундаментов, эти колонны, как и при монтаже одноэтажных зданий, можно нагружать элементами перекрытия только после достижения бетоном в стыках не менее 70% проектной прочности. Более ранняя загрузка колонн возможна, если оставить все временные крепления (кондукторы, подкосы и т. п.) до затвердения бетона в стыках.

Для расчета размеров монтажного участка пользуются формулой (VIII.18). По количеству колонн ($N_{мин}$) определяют размер участка первого яруса.

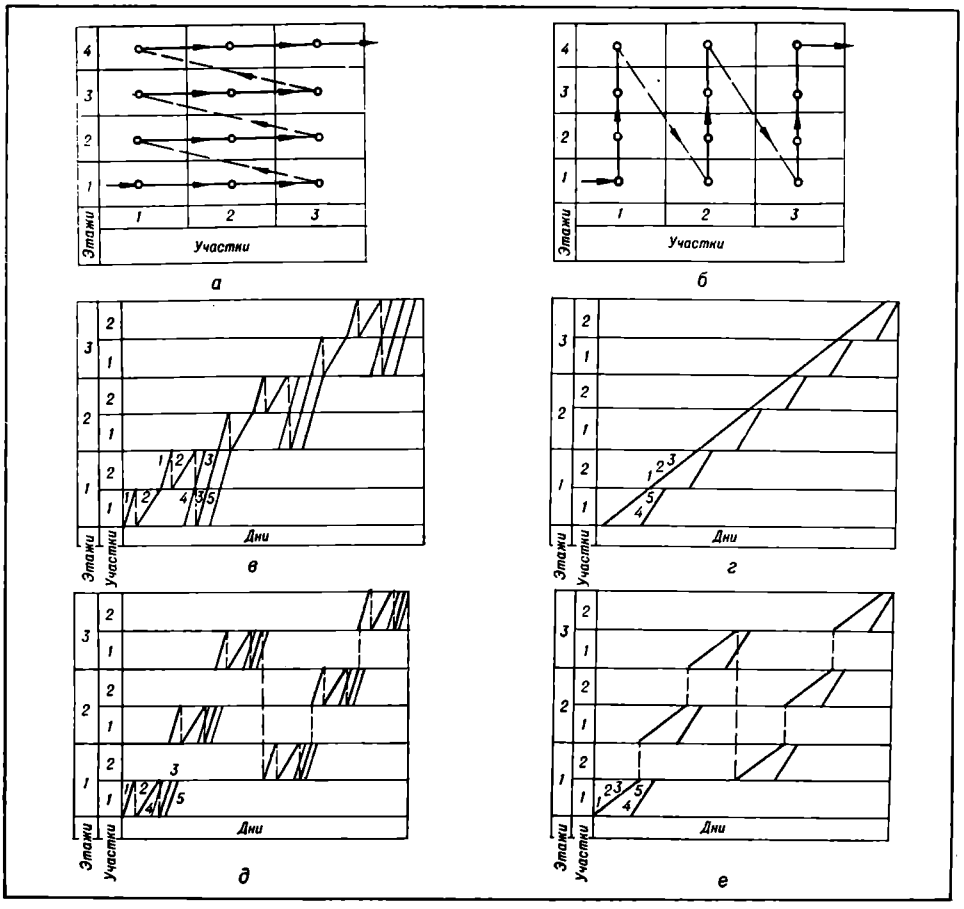


Рис. VIII. 31. Схемы и циклограммы потоков при монтаже многоэтажных промышленных зданий: *а* — горизонтальная схема потока; *б* — вертикальная; *в* — циклограмма монтажа конструкций при горизонтальной схеме потока раздельным методом; *г* — то же, комплексным методом; *д* — циклограмма монтажа при вертикальной схеме потока раздельным методом; *е* — то же, комплексным методом; *1* — установка колонн; *2* — то же, элементов перекрытий; *3* — то же, стеновых панелей; *4* — заделка стыков и швов перекрытий; *5* — заделка стыков стеновых панелей.

В большинстве случаев этот же размер может быть принят и для участков всех остальных этажей, если по технологическим или другим условиям его не надо изменить.

При вертикальной схеме потока монтаж конструкций каждого вышележащего яруса (этажа) может быть начат лишь после полного и окончательного закрепления элементов нижележащего яруса.

Во всех случаях, когда конструкции крепят только на сварке (в том числе и при наличии подколонников в первом ярусе), размер участка принимают в соответствии с радиусом действия крана, размером секции, наличием осадочных швов или другими конструктивными условиями.

На рис. VIII.31,*в* — *е* показан характер циклограмм монтажа конструкций многоэтажных промышленных зданий при горизонтальной и вертикальной схемах потока раздельным и комплексным методами.

Организация монтажа крупнопанельных домов. Многоэтажные полносборные дома, как правило, монтируют башенными кранами, которые устанавли-

вают с одной стороны, преимущественно с той, где нет входов в здание. Это обеспечивает безопасность для рабочих. При большой протяженности здания устанавливают два крана и каждому из них выделяют монтажную зону (половину здания). Этажи домов или монтажных зон расчленяют не менее чем на два монтажных участка, в каждый из которых входит одна или две секции.

В зависимости от конструктивного решения последовательность установки элементов крупнопанельных зданий различна:

если несущими являются продольные стены (наружные и внутренние), сначала устанавливают наружные, затем внутренние стеновые панели, а потом внутренние поперечные стеновые панели и перегородки, лестничные площадки и марши и заканчивают установкой панелей перекрытия. Монтаж начинают от угла;

при несущих поперечных стенах сначала устанавливают их элементы, затем панели наружных стен и далее в том же порядке, как в первом случае. Монтаж начинают от межсекционной панели в направлении к торцу.

Когда размер продольных наружных стеновых панелей рассчитан на две комнаты, можно поперечные стеновые панели устанавливать через одну, а остальные монтировать после установки и закрепления наружных панелей. В некоторых сериях крупнопанельных домов порядок монтажа может быть несколько изменен. Однако при любом варианте на каждой стадии монтажа должны быть обеспечены устойчивость смонтированной части здания и безопасность работ.

Чтобы легче было наблюдать за монтажом и не надо было увеличивать высоту подъема монтируемых элементов, сначала устанавливают те из них, которые больше удалены от крана, т. е. кран ведет установку «на себя».

§ 9. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА СМОНТИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Контроль качества монтажа начинают с момента приемки доставленных сборных элементов. Все они должны соответствовать по внешнему виду и размерам требованиям проекта и не должны иметь отклонений, превышающих допускаемые СНиП.

Качество элементов проверяют несколько раз — на складе, во время установки, заделки стыков и после окончательного закрепления. По окончании монтажа конструкций работы принимают по акту, в котором указывают, смонтированы ли они в соответствии с проектом, определяют качество монтажных работ и выносят заключение о готовности здания для производства последующих строительно-монтажных работ.

Главным критерием качества монтажных работ является тщательность сварки и заделки стыков и точность установки конструкций в соответствии с проектом. Отклонения в качестве стыков, установке элементов, отметок и расстояний не должны превышать указанных в СНиП.

На все узлы и конструкции, которые в дальнейшем закрываются другими конструкциями, составляют акты на скрытые работы.

Глава 7

ОХРАНА ТРУДА ПРИ МОНТАЖЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Обеспечение безопасности производства монтажных работ начинается на стадии проектирования. К производству не может быть принят проект, не предусматривающий мер безопасности и здоровых условий труда.

При возникновении на строительной площадке опасных условий работы (потеря устойчивости конструкций, осадка

оснований под строительными лесами, обрыв проводов электролиний и т. п.) люди должны быть немедленно выведены, а опасные места ограждены.

§ 1. ПОДГОТОВКА РАБОЧИХ К МОНТАЖНЫМ РАБОТАМ

К верхолазным и другим монтажным работам допускаются лица не моложе 18 лет.

Верхолазы и рабочие, систематически пользующиеся пневматическим и абразивным инструментом, проходят предварительный и периодический медицинский осмотр в сроки, установленные Министерством здравоохранения СССР.

Верхолазными считаются все работы по установке, монтажу, эксплуатации и ремонту конструкций, выполняемые с временных монтажных приспособлений или непосредственно с конструкций на высоте более 5 *м* от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила. Основным средством, предохраняющим от падения с высоты во все моменты работы и передвижения, является предохранительный пояс.

Машинисты грузоподъемных кранов, строповщики, зацепщики, сигнальщики и сварщики проходят обучение по специальным программам Госгортехнадзора.

Монтажники, имеющие стаж работы менее одного года и разряд ниже третьего, к работе на высоте не допускаются.

§ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН И ТАКЕЛАЖНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Грузоподъемные краны и приспособления допускаются к эксплуатации только после их регистрации и технического освидетельствования, проводимых в соответствии с правилами Госгортехнадзора. По этим же правилам проверяют грузозахватные приспособления (стропы, траверсы, захваты).

Масса поднимаемого груза с учетом такелажных приспособлений и тары не должна превышать максимальной (паспортной) грузоподъемности крана при данном вылете стрелы. Грузы, имеющие массу, близкую к грузоподъемности крана для данного вылета стрелы, следует поднимать в два приема: сначала на высоту 100 *мм* (в таком положении проверяют подвеску, устойчивость и надежность действия тормозов крана), затем на полную высоту.

При горизонтальном перемещении груз должен быть поднят не менее чем на 0,5 *м* выше встречающихся на пути препятствий. Переносить груз над людьми, а также использовать грузовые подъемники и краны для перемещения людей запрещается.

При работе нескольких башенных кранов на одном пути во избежание их столкновения концевой выключатель механизма передвижения должен автоматически отключать двигатель на расстоянии между выступающими частями кранов, равном половине пути торможения крана, но не менее 0,5 *м*.

Работа кранов при ветре силой более шести баллов (скорость от 10 до 12 *м/сек*) должна быть прекращена, а кран закреплен противоугонными приспособлениями. При сильном ветре (более 15 *м/сек*) надо принять дополнительные меры к закреплению крана, предусмотренные инструкцией по его эксплуатации.

Такелажные приспособления (траверсы, захваты и т. п.) для подъема строительных конструкций и других грузов на строительной площадке после их опробования и каждого очередного ремонта подлежат испытанию в течение 10 *мин* с грузом, превышающим расчетный на 25%.

Стропы перед использованием надо испытать нагрузкой, в два раза превышающей рабочую. Грузоподъемность и дата испытания стропов, траверс и другого оборудования должны быть указаны на прикрепленных к ним биркам. Кроме испытаний стропов, их следует перед началом работ тщательно осматривать и при обнаружении дефектов браковать.

Стальные канаты систематически должны осматриваться обслуживающими их лицами. Чалочные канаты осматривают через каждые 10 дней, а крановые — при профилактических осмотрах крана. Результаты осмотра заносят в журнал.

Как правило, следует применять полуавтоматические стропы, стропы с замком и другими приспособлениями, позволяющими производить расстроповку с земли или с рабочего места монтажника.

§ 3. ЛЕСА, ПОДМОСТИ И ОГРАЖДЕНИЯ

Леса, подмости и ограждения для монтажных работ должны быть инвентарными, изготовленными по типовым проектам. Леса и подъемные люльки с установленными на них лебедками должны быть снабжены паспортом предприятия-изготовителя.

На монтажных работах используют приставные, навесные и передвижные леса и подмости (см. рис. VIII.10—VIII.22).

При монтаже сборных жилых домов для закрепления панелей, снятия строп, заделки стыков используют внутренние подмости (монтажные столики и приставные лестницы), а для работ по заделке швов панелей — наружные навесные подмости (см. рис. VIII.23) и навесные люльки. Применение самоподъемной люльки ускоряет процесс отделки фасада и сокращает трудоемкость работ.

Смонтированные междуэтажные перекрытия зданий до монтажа наружных стен следующего этажа ограждают перилами высотой не менее 1 *м*. Оставляемые в перекрытиях проемы также ограждают или перекрывают деревянным настилом. Если надо замоноличивать узлы до установки ограждений на перекрытиях, применяют местное ограждение.

Все основные элементы лесов и подмостей должны быть рассчитаны на прочность, а леса в целом — на устойчивость. Настилы лесов, подмостей и стремянок, расположенные выше 1 *м* от уровня земли или перекрытия, должны быть ограждены перилами высотой не менее 1 *м* от уровня земли или перекрытия, состоящими из поручня, одного промежуточного горизонтального элемента и бортовой доски высотой не менее 15 *см*. Ограждающие элементы лесов, подмостей, стремянок и ограждений рассчитывают на сосредоточенную нагрузку не менее 700 *н* (70 *кгс*), приложенную горизонтально к середине пролета.

§ 4. МОНТАЖ КОНСТРУКЦИЙ

Руководство монтажом конструкций следует поручать опытным инженерно-техническим работникам, хорошо знающим сложность и специфику выполнения этих работ.

Конструкции перед подъемом должны быть очищены от грязи, наледи и ржавчины, а при необходимости — огрунтованы и покрашены. Элементы монтируемых конструкций, не обладающие достаточной жесткостью, временно, до их подъема, усиливают.

Конструкции, перемещаемые краном, надо удерживать от раскачивания оттяжками из пенькового каната или тонкого троса.

При подъеме элементов, устанавливаемых в горизонтальном положении, к обоим их концам прикрепляют парные оттяжки.

Запрещается передвигать конструкции и другие элементы после их установки и снятия захватных приспособлений. Раствор под устанавливаемый элемент следует расстилать до его наводки на место установки.

При подъеме элементов с транспортных средств запрещается перемещать груз над кабиной водителя.

На монтажных работах обязательно должна быть организована сигнализация. Все сигналы машинисту крана или мотористу лебедки, а также рабочим на оттяжках подаются только одним лицом — бригадиром монтажной бригады или такелажником.

Временные связи, расчалки, кондукторы и т. п. разрешается снимать только после окончательного закрепления конструкций, а с железобетонных колонн, замоноличенных бетоном,— после достижения им 70% проектной прочности.

Сваривать и замоноличивать узлы установленных железобетонных конструкций многоэтажных зданий надо с перекрытий, огражденных у рабочего места, передвижных подмостей с огражденными площадками наверху или с подвесных люлек.

Железобетонные колонны и стойки рам до их подъема в проектное положение должны быть оборудованы монтажными лестницами либо подвесными люльками для освобождения стропов и последующих монтажных работ, а также для закрепления или сварки узлов и установки ригелей.

При монтаже крупноразмерных элементов и конструкций многоэтажных зданий перемещение рабочих по подвесным лестницам допускается только в пределах двух этажей. Одновременно с монтажом конструкций каркаса следует монтировать постоянные лестницы и лифты.

Запрещается пребывание людей на этажах ниже того, на котором производится монтаж конструкций (в той же захватке), а также в зоне перемещения элементов конструкций кранами.

РАЗДЕЛ IX

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И МОНТАЖ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Глава 1

ПРИМЕНЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Древесина — один из древнейших строительных материалов. И теперь в районах, богатых лесами, из древесины полностью возводят малоэтажные жилые дома, гражданские, сельскохозяйственные, некоторые промышленные и другие здания и сооружения. Стены зданий и сооружений собирают из щитов, досок, брусьев или бревен. Перекрытия, покрытия и другие несущие конструкции монтируют из максимально укрупненных блоков.

В современном массовом строительстве деревянные конструкции применяют в виде элементов крыш и полов, оконных и дверных блоков, встроенной мебели. Для архитектурного оформления стыков плоскостей и обрамления проемов используют плинтусы, галтели, нащельники, наличники и другие деревянные изделия.

Широко применяются клееные деревянные элементы в несущих конструкциях покрытий зданий и сооружений с пролетами 15—60 *м*. В зданиях и сооружениях с агрессивной средой клееные деревянные конструкции незаменимы.

Деревянные части зданий и сооружений собирают на строительной площадке из элементов и конструкций, изготовленных на деревообрабатывающих предприятиях. Состав и структура этих процессов зависят от конструктивной схемы и назначения объекта.

Работы по устройству деревянных конструкций разделяют на плотничные и столярные. К п л о т н и ч н ы м работам относят изготовление и монтаж основных конструкций (например, элементов стен из бревен или брусьев, полов из лаг и досок, стропильных ферм и др.); к с т о л я р н ы м — изготовление и установку отдельных конструктивных элементов и деталей с тщательно обработанной поверхностью (например, оконных и дверных блоков, встроенной мебели, отделочных деталей и др.).

§ 2. ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Основным способом обработки древесины является р е з а н и е, осуществляемое резцами. Резец — рабочий элемент деревообрабатывающей машины или инструмента — имеет форму заостренного клина.

Различают три основных способа резания древесины: в торец, вдоль волокон и поперек волокон. При резании *в торец* волокна древесины перерезаются перпендикулярно к их длине; при резании *вдоль волокон* резец сжимает срезаемые волокна древесины и преодолевает их связь с волокнами, лежащими ниже поверхности обработки, целость которых при этом сохраняется; при резании *поперек волокон* волокна разрываются по длине.

Усилия, затрачиваемые на резание древесины, зависят от ее физико-механических свойств, направления и угла резания, а также от толщины стружки. Примерное соотношение сопротивления резанию в торец, вдоль и поперек волокон принято 6 3 1, причем сырая древесина оказывает примерно на 40% меньшее сопротивление резанию, чем сухая.

Р а с п и л и в а ю т древесину пилами, которые представляют собой стальные ленты или диски с зубьями. Зуб пилы является резцом с тремя режущими кромками, образующими в дре-

весине пропил. Для уменьшения трения между боковыми поверхностями пилы и древесины в пропиле концы смежных зубьев разводят в разные стороны, придавая режущим кромкам трапециевидную форму.

Раскалывание древесины применяют при заготовке сырья для гонта и драни, используемых на устройстве кровли.

Рубят древесину поперек волокон или наклонно к ним топором при сопряжении конструкций из круглого леса.

Обтесывание применяют при обработке бревен накругло, на 1—4 канта, при выборке пазов.

Строганием и фрезерованием древесины получают чистую поверхность заданной формы и профиля. *При ручной работе* заготовка остается неподвижной, а инструмент перемещается, *при механической* — режущие инструменты вращаются, а заготовка подается к ним вручную или механически. Возможно также механическое строгание при неподвижном резце и вращающейся либо поступательно движущейся заготовке.

Круглые, овальные, прямоугольные и квадратные углубления и отверстия в деревянных заготовках и элементах для их сопряжений устраивают сверлами и долотами во всех направлениях по отношению к волокнам древесины.

Бревна после заготовки и сплава просушивают в штабелях на открытом воздухе. Заготовку элементов деревянных конструкций и деталей на предприятиях максимально механизируют, используя комплекс деревообрабатывающих станков.

Для распиловки бревен на брусья и доски служат лесопильные рамы.

Острожку пиломатериалов производят на фуговальных, рейсмусовых и четырехсторонних строгальных станках. С помощью *фуговального станка* на деталях создают одну или две базовые поверхности, необходимые для дальнейшей обработки деталей на станках. *Рейсмусовые станки* предназначены для строгания деталей на заданный размер по толщине и создания у них строго параллельных плоскостей. *Четырехсторонние строгальные станки* обеспечивают получение заданного профиля детали.

На перечисленных станках изготовляют шпунтованные доски для опалубки, обшивок, полов, а также детали столярных изделий.

Последующую обработку пиломатериалов в условиях строительной площадки — продольную и поперечную распиловку, фрезеровку, нарезку шипов, сверление, шлифование и полирование — осуществляют на универсальном станке. Обрезку деревянных элементов, устройство пропилов, отверстий и гнезд выполняют также электрифицированным инструментом: дисковыми электропилами, электросверлами, электродолбежниками и др.

§ 3. ЗАЩИТА ОТ ГНИЕНИЯ, ДРЕВОТОЧЦЕВ И ВОЗГОРАНИЯ

Для защиты от гниения древесину на месте строительства обрабатывают антисептическими пастами, антисептиками в водных растворах и органических растворителях, а также маслянистыми антисептиками.

Антисептическими пастами защищают элементы из сырой древесины с начальной влажностью от 40% и более, а также элементы, увлажнение которых возможно в период эксплуатации (концы балок, заделываемые в стены, концы столбов, закапываемые в землю, и т. п.).

Различают следующие пасты: экстрактовую на фториде натрия с торфяной пылью или на гексафторсиликате натрия и кальцинированной соде; глиняную на фториде или гексафторсиликате натрия с добавлением сульфитно-спиртовой барды; глиняную на фториде натрия с добавлением битума; битумную и на кузбасслаке.

Пасты, составленные из расчета 100 *г* антисептика на 1 $м^2$ обрабатываемой поверхности, наносят краскопультами или погружая детали в емкость с пастой. Пасты, содержащие 200 *г* антисептика на 1 $м^2$ обрабатываемой поверхности, наносят кистями. При температуре окружающего воздуха ниже нуля пасты следует применять подогретыми до 30—40° С.

Водные растворы антисептиков (фторида натрия или динитрофенолята натрия) наносят с помощью краскопульта.

Поверхностную обработку органическими антисептиками в органических растворителях применяют для защиты деревянных изделий, прошедших сушку в камерах (оконные и дверные коробки и пр.). Эту обработку производят, нанося раствор кистями или погружая изделия в ванну с раствором. Концентрация антисептирующего состава должна быть не меньше 8—10%.

Из маслянистых антисептиков используют каменноугольное креозотовое масло, антраценовое масло, древесный деготь. Их подогревают до 80—85° С и наносят кистями на поверхность древесины за один-два раза.

От древоточцев древесину защищают с помощью инсектицидов, являющихся ядами для насекомых. Наиболее эффективны соединения мышьяка, фтора, бария (например, арсенат кальция, фторид натрия и др.), а также пиретрум, гексахлоран, мыло (хозяйственное и жидкое зеленое).

Инсектициды *в водных растворах* или в виде суспензий и эмульсий наносят на древесину кистями или опрыскивателями, а инсектициды *на органических растворителях*, применяемые для обработки небольших участков, — кистями.

Чтобы предохранить древесину **от возгорания**, ее поверхность обрабатывают водными растворами, специальными красками или обмазками, приготовленными на основе жидкого стекла, буры, диаммонийфосфата.

Огнезащитные составы наносят краскопультами или кистями в зависимости от объема работ и концентрации составов.

Противопожарную обработку поверхности выполняют при температуре не ниже +10° С и относительной влажности воздуха не более 70%. В жаркое время такая обработка древесины разрешается только при условии защиты от прямых солнечных лучей.

Антисептирование, предохранение от древоточцев и огнезащитную обработку деревянных элементов следует проводить только после выполнения всех процессов заготовки — распиловки, острожки, устройства врубок, сверления, долбления гнезд и др.

В тех случаях, когда после защитных мер выполняются какие-либо дополнительные операции по доделке элементов конструкций, надо вновь обработанные поверхности антисептировать, предохранить от древоточцев и огня.

Защитные составы наносят на поверхность древесины сплошным ровным слоем. Для контроля в бесцветные растворы добавляют краситель.

Элементы конструкций, обработанные перечисленными составами, во время хранения и перевозки должны быть укрыты от воздействия атмосферной и производственной влаги.

Глава 2

СБОРКА И УСТАНОВКА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. СБОРКА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БРУСЬЕВ И БРЕВЕН

Лесоматериалы, поступающие на строительную площадку, сортируют, укладывают в штабеля на антисептированных подкладках и предохраняют от увлажнения.

Для изготовления элементов несущих деревянных конструкций применяют шаблоны и другие приспособления, обеспечивающие требуемую точность. Конструкции из готовых элементов собирают на выверенных бойках или козлах, установленных по уровню, используя механизированные инструменты, шаблоны и кондукторы.

Из брусьев собирают стены отапливаемых одно- и двухэтажных зданий. В зависимости от климатических условий для наружных стен применяют брусья сечением 150 × 150 или 180 × × 150 *мм*, а для внутренних — 100 × × 150 *мм* (рис. IX.1,*а*,*б*,*в*).

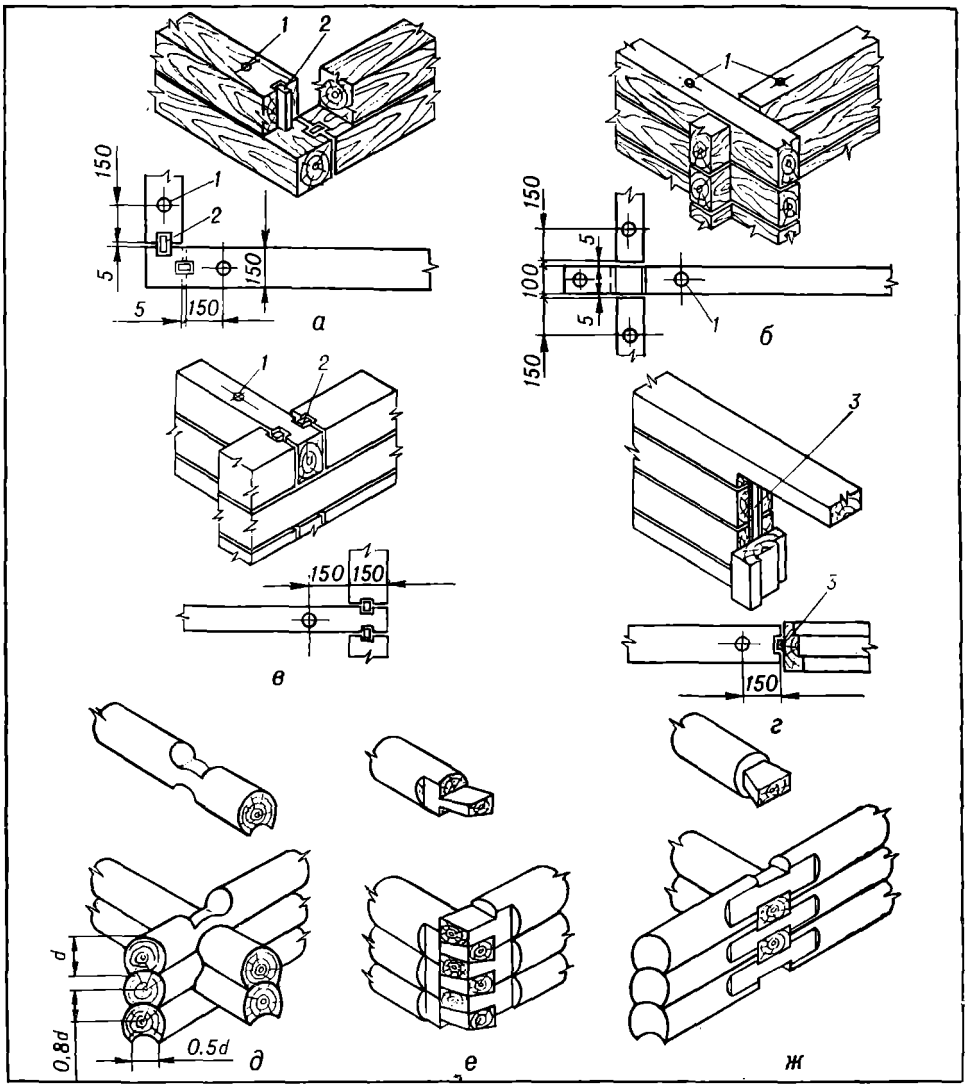


Рис. IX.1. Сопряжения элементов при сборке конструкций из брусьев и бревен:
а — сопряжение брусьев наружных стен; *б* — то же, внутренних; *в* — то же, наружной стены с внутренней; *г* — сопряжение оконной коробки с брусьями наружной стены; *д* — сопряжение бревенчатых наружных стен «в чашку»; *е* — то же, «в лапу»; *ж* — сопряжение бревенчатых наружной и внутренней стен «сковороднем»; *1* — нагели; *2* — шпонки 32 × 50 × 140 *мм*; *3* — рейка 32 × 30 *мм* по высоте коробки.

Стыки брусьев нижнего венца располагают на столбах фундаментов. Если здание возводят на каменном фундаменте, под первый ряд брусьев укладывают гидроизоляцию (два слоя толя и пропитанная битумом доска). Стеновые брусья кладут на пакле и крепят деревянными нагелями диаметром 25 и длиной 400 *мм*, которые располагают через 1,5 *м* в шахматном порядке по высоте стен. Паклю прокладывают и по вертикальным швам.

Уложив первые три ряда и установив нагели, укладывают следующие два ряда брусьев, просверливают отверстия на толщину трех рядов, т. е. захватывают

верхний брус нижнего пакета, и скрепляют их нагелями и т. д.

Сопряжение брусьев в углах стен, в стыках по длине и с вертикальными элементами оконных и дверных коробок делают на деревянных шпонках или рейках (рис. IX. 1, *а*, *б*, *в*, *г*).

Оконные и дверные коробки или блоки устанавливают одновременно со сборкой стен. Тогда же заделывают балки перекрытий.

Брусчатые стены вследствие усыхания древесины и уплотнения пакли в пазах дают усадку до $^1/_{20}$ своей высоты. Поэтому над каждым проемом оставляют зазор в $^1/_{20}$ его высоты, заполняемый паклей или антисептированным войлоком, а длину нагелей делают на 2—5 *см* меньше высоты трех рядов брусьев.

При сборке брусчатых стен допускается отклонение по вертикали не более 3 *мм* на 1 *м* высоты, но не более 10 *мм* на этаж, а по горизонтали — не более 3 *мм* на 1 *м* длины одного ряда брусьев. Боковые грани и торцы брусьев должны находиться в одной вертикальной плоскости.

Из бревен диаметром около 220 *мм* собирают стены домов, если невозможно организовать заготовку брусьев индустриальным способом. Обтесанные бревна сплачивают продольными пазами-желобами (рис. IX. 1, *д*) и вставными прямоугольными шипами размером 120 × 60 × 20 *мм*, располагаемыми в шахматном порядке на расстоянии 2 *м* друг от друга. Глубина гнезд для шипов должна на 10 *мм* превышать высоту шипа. Для предотвращения продуваемости пазов в них укладывают паклю.

Угловые сопряжения (рис. IX. 1, *д*, *е*,) выполняют «в чашку» (с остатком) или «в лапу» (без остатка). Венцы наружных и внутренних стен сопрягают «сковороднем» (рис. IX. 1, *ж*). Чтобы уменьшить продуваемость и защитить торцы бревен внутренних поперечных стен от загнивания, торцы закрывают досками, пришиваемыми после окончания усадки сруба. То же делают в углах при сопряжении венцов в лапу.

Строительство водоприемных сооружений и опор мостов сопровождается устройством ***ряжей*** — жестких конструкций из брусчатых или бревенчатых стенок, пересекающихся друг с другом и образующих квадратные ящики, которые наполняют камнем, гравием, песком или грунтом. Расстояние между стенами принимают равным 1,5 — 2,5 *м*.

Если ряжи загружают мелким грунтом, во избежание его вымывания водой следят, чтобы венцы имели горизонтальную постель шириной не менее 15 *см*. В особо ответственных конструкциях между венцами прокладывают просмоленный войлок. Стенки ряжей, загружаемых камнем, устраивают с просветами, что дает значительную экономию леса.

Пересечение внутренних стенок между собой выполняют врубкой в чашку, а наружные углы лицевых стенок соединяют в лапу. Для связи венцов в вертикальном направлении с внутренней стороны стен забивают шпонки длиной 1,2—1,5 *м*. Паз для шпонки прорезают трапециевидного сечения с небольшим отклонением от вертикали, что способствует лучшему удержанию венцов от перемещения. Чтобы предотвратить выпучивание наружных стенок высоких ряжей под давлением загрузки, их укрепляют сжимами из двух брусьев, стягиваемых болтами через 1—1,5 *м*. Отверстия для болтов делают продолговатыми в вертикальном направлении, чем обеспечивается свободное перемещение болтов в случае неравномерной осадки венцов.

Из досок в деревянных зданиях устраивают дощато-стойчатые и каркасные обшивные перегородки.

Доски стойчатых перегородок устанавливают по направляющим рейкам, прибитым вверху к балкам и внизу к лагам. Доски соединяют вставными шипами или гвоздями, забитыми наискось.

При обшивке каркасных перегородок длинными досками целесообразно применять монтажные бруски (в этом случае работу может выполнять один плотник). Монтажный брусок упирают наконечником в основание пола, а верхний конец прикрепляют у потолка к бруску каркаса на расстоянии, равном толщине обшивки перегородки.

В зазор между монтажным бруском и бруском каркаса перегородки заводят

один конец пришиваемой доски, а другой ее конец крепят к крайнему бруску каркаса. Затем доску прибивают к промежуточным брускам.

Такую обшивку делают по обе стороны брусков каркаса. Полость, которая образуется между досками обшивки, по мере наращивания перегородки заполняют шлаковатой, что улучшает звукоизоляцию помещений и пожарную безопасность.

§ 2. МОНТАЖ СБОРНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Деревянные конструкции и строительные детали домов, изготовленные на деревообрабатывающих предприятиях, маркируют и поставляют комплектно со всеми элементами соединений.

Монтаж зданий из элементов заводского изготовления производят после подготовки фундаментов для стен, печей и дымовых труб, устройства подвалов, приямков, вводов водопровода и выпусков канализации, а также после подсыпки, утрамбовки и планировки подполья.

Наземную часть **каркасных домов** (рис. IX.2,*а*) возводят в следующем порядке. По фундаментам на гидро- и теплоизоляционный слой укладывают брусья нижней обвязки стен и балки пола с черепными брусками. По балкам укладывают щиты временного настила для перемещения монтажников. Монтаж стен начинают с установки угловых рам, общитых начерно с наружной стороны досками под углом 45° к стойкам. Для утепления стыка между рамами закладывают минеральный войлок. Затем устанавливают остальные рамы и закрепляют их временными подкосами. По верху каркаса стен укладывают верхнюю обвязку, а на нее — балки перекрытия с временными щитами настила, по которым передвигаются рабочие при монтаже каркаса стен второго этажа.

В проемы устанавливают оконные и дверные блоки. Зазоры по бокам и сверху блоков плотно проконопачивают паклей.

По рамам верхнего этажа укладывают подстропильную обвязку, а затем на балки чердачного перекрытия ставят подстропильные рамы, раскрепляя их временными раскосами. На подстропильную обвязку и рамы укладывают стропильные щиты, между рамами устанавливают коньковые фермы, скрепляя их со стропильными щитами гвоздями, и на них укладывают щиты обрешетки.

После устройства кровли по черепным брускам балок перекрытия укладывают щиты наката. На них настилают строительную бумагу и укладывают утеплитель, затем устраивают черные полы.

Внутреннюю обшивку стен делают после укладки минерального утеплителя и приемки по акту выполненной работы.

Щиты перегородок устанавливают на черные полы и закрепляют гвоздями.

По наружной черновой обшивке стеновых щитов делают чистую дощатую обшивку, подкладывая строительную бумагу. Затем настилают чистые полы.

Основные работы завершают установкой щитов карниза, обрамлением наличниками оконных и дверных проемов, устройством пилястр, козырьков над крыльцами и др.

В домах каркасно-щитовой конструкции пространство между стойками каркаса заполняют щитами заводского изготовления, применение которых снижает трудоемкость монтажа и повышает качество здания.

Щитовые дома (рис. IX.2,*б*,*в*) монтируют как и каркасные, т. е. начиная с угловых щитов. Затем устанавливают остальные щиты стен и перегородок. Положение щитов предварительно размечают на нижней обвязке. Следует обращать внимание на тщательное заполнение вкладышами вертикальных стыков наружных щитов и установку нащельников, так как от этого зависит теплоустойчивость стен.

Для предотвращения деформаций длинномерные конструкции гражданских, промышленных, сельскохозяйственных зданий и сооружений перевозят в проектном положении. Балки, фермы, арки, не имеющие достаточной поперечной жесткости, предварительно усиливают временными схватками, распорками или накладками.

Монтируют деревянные конструкции после подтяжки болтов, тяжей и устранения дефектов, которые иногда

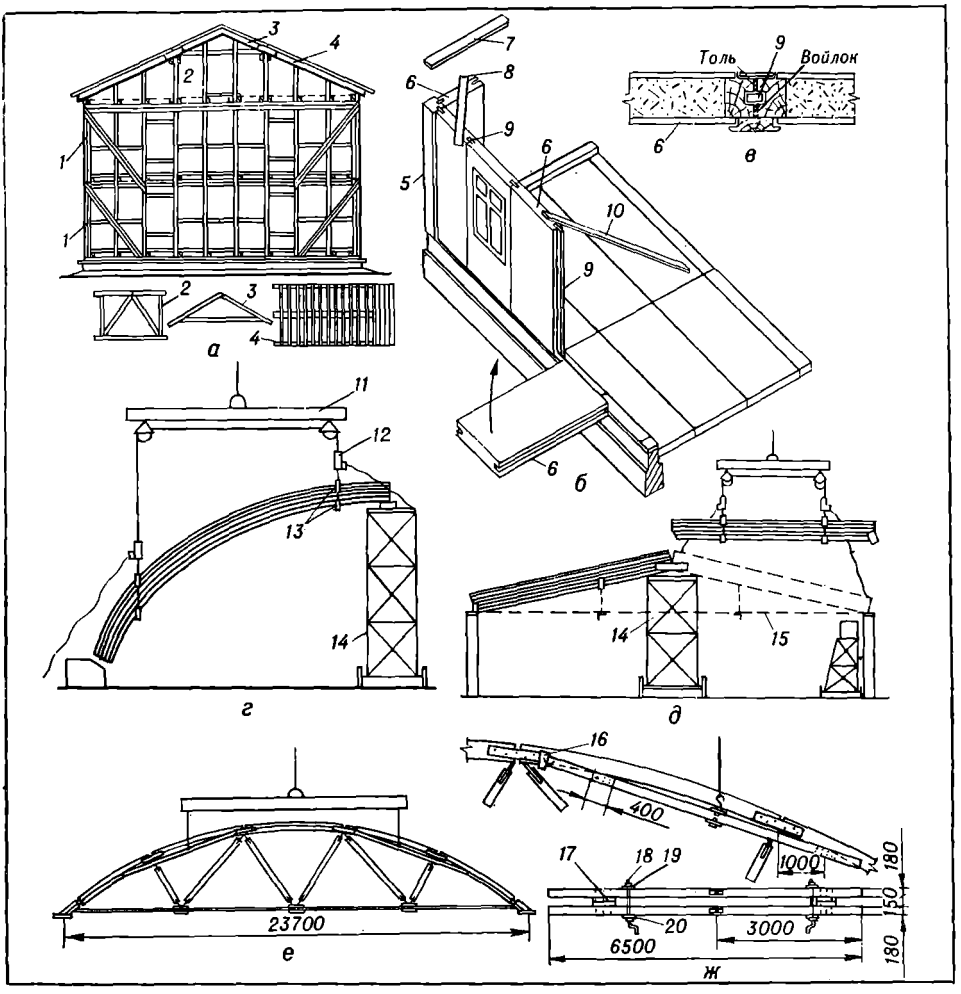


Рис. IX.2. Монтаж конструкций:

а — каркасного дома; *б* — щитового дома; *в* — деталь стыка стеновых щитов; *г* — монтаж клееных арок; *д* — монтаж металлодеревянных арок; *е, ж* — монтаж клееных сегментных ферм; *1* — угловые щиты; *2* — подстропильная рама; *3* — коньковая ферма; *4* — стропильный щит; *5* — угловая стойка; *6* — стеновые щиты; *7* — верхняя обвязка; *8* — временная схватка; *9* — рейки-вкладыши; *10* — временный подкос; *11* — самоуравновешивающаяся траверса; *12* — полуавтоматический захват; *13* — резиновые подкладки; *14* — временные опоры; *15* — металлическая затяжка; *16* — клин; *17* — колодка; *18* — стяжной коленчатый болт; *19* — гайка; *20* — упорное кольцо, приваренное к болту.

появляются при транспортировке. Места захвата несущих конструкций защищают от смятия. Опорные части деревянных конструкций, устанавливаемых на каменные стены, защищают гидроизоляционными материалами. Строповку ферм производят за верхние узлы, причем элементы со сплошной стенкой стропят полуавтоматическими захватными приспособлениями в обхват. Монтажные работы ведут поточным методом при помощи самоходных стреловых кранов.

Для сборки клееных трехшарнирных арок большого пролета применяют передвижную башню, устанавливаемую в середине пролета в качестве временной опоры конструкции. Опора служит также площадкой для сборки среднего узла арки (рис. IX.2,*г*).

Большое распространение получили клееные металлодеревянные арки пролетом 12 и 18 *м*. Их также монтируют с передвижной башни (рис. IX.2,*д*).

Для монтажа клееных сегментных ферм пролетом 12—24 *м* пользуются деревянными траверсами (рис. IX.2,*е*,*ж*). Траверса состоит из двух брусьев сечением 180 × 180 *мм*, соединенных в рабочем положении стяжными коленчатыми болтами диаметром 20 *мм*. К внутренней стороне каждого из брусьев прикреплены колодки, которые при стягивании брусьев образуют опоры для фермы. Траверсу в разведенном положении подводят под верхний пояс фермы и стягивают болтами. Для подъема 12-метровых ферм достаточно одной деревянной траверсы, для подъема более длинномерных конструкций нужны две.

При длине фермы до 18 *м* деревянные траверсы подвешивают к крюку крана стропами. Если поднимают более длинные конструкции, деревянные траверсы навешивают на металлическую.

Чтобы траверса плотнее прилегала к поднимаемой конструкции, к траверсе привязывают клинья, которые перед подъемом устанавливают между торцом траверсы и накладкой верхнего пояса фермы.

Установленные в проектное положение конструкции немедленно закрепляют постоянными или временными связями и защищают от влаги и солнца.

Верхний пояс первой смонтированной фермы раскрепляют расчалками, а также ставят прогоны, соединяющие ферму с жесткой торцовой стеной. Установив вторую ферму, первую пару ферм связывают в жесткий пространственный блок связями и элементами крыши. Первый блок ферм обеспечивает устойчивость других плоских несущих конструкций, соединяемых с ним связями и прогонами. При таком порядке монтажа конструкций отпадает необходимость в креплении их расчалками и временными связями.

Балки и прогоны перекрытий и покрытий монтируют с подмостей. Сначала укладывают и выверяют по вертикальным отметкам маячные балки или прогоны, интервалы между которыми принимают в пять-шесть пролетов, затем между ними укладывают остальные, выверяя их по маячным. Расстояние между балками и прогонами проверяют, пользуясь шаблоном. Накат по балкам укладывают до устройства настила, с которого ведут дальнейшие работы по возведению стен.

Концы деревянных балок и прогонов, укладываемых на каменные стены, заделывают наглухо. Концы элементов скашивают и на длину 75 *см* от торца покрывают со всех сторон, включая торец, антисептической пастой марки 200. Поверх антисептической пасты конец балки на длину заделки плюс 5 *см* (за исключением торца) покрывают гидроизоляцией — битумом.

Торец балки должен отстоять от задней стенки гнезда не менее чем на 3 *см*. Под конец балки прокладывают рубероид или пергамин в два слоя; гнездо заделывают раствором.

§ 3. УСТАНОВКА СТОЛЯРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Готовые столярные изделия доставляют на строительные площадки в контейнерах. Выступающие приборы оконных и дверных блоков упаковывают отдельно.

Оконные и дверные блоки ставят на место по мере возведения стен; в наружных стенах их следует устанавливать по центру, вертикали и высоте, на одинаковом расстоянии от наружной плоскости стены. В многоэтажных зданиях каждый блок второго и вышележащих этажей центрируют по средней створке блока первого этажа.

В каменных стенах блоки закрепляют ершами, которые забивают в деревянные антисептированные пробки, заделываемые в кладку при возведении стен. Вертикальные бруски коробок блоков крепят двумя ершами на расстоянии по высоте не более 1,5 *м*. К деревянным стенам блоки крепят гвоздями.

При заполнении оконных проемов в производственных зданиях *коробки блоков* крепят к боковым откосам проемов анкерами, ершами или другими приспособлениями, устанавливаемыми через 1,2 *м* по высоте, но не менее двух в каждом откосе проема.

В оштукатуриваемых стенах и перегородках коробки должны выступать за плоскость стены на толщину штукатурки с тем, чтобы наличник плотно прилегал к наружным граням и штукатурке.

Оконные и дверные коробки наружных стен в местах их примыкания к кладке обрабатывают антисептирующей пастой и обертывают гидроизоляционными прокладками (толем, пергамином). Зазоры между коробками и кладкой наружных стен проконопачивают антисептированным войлоком, паклей и другими теплоизоляционными материалами, а во внутренних стенах — звукоизоляционными материалами.

Навеска створок должна обеспечивать плавность их открывания и неподвижность в любом положении. Зазоры в створах и притворах оконных переплетов и дверных полотен не должны превышать 1,5—2,5 *мм*, в створах ворот промышленных зданий — 2,5 *мм*. Зазоры между полотнами дверей (ворот) и полом должны составлять: для наружных дверей — 2, внутренних — 8, дверей санузлов — 12 и для ворот промышленных зданий — от 10 до 20 *мм*.

Створки наружных оконных переплетов, открывающихся наружу, должны иметь ветровые крючки, а открывающихся внутрь — упоры.

Подоконные доски устанавливают с уклоном внутрь помещения до 1%; торцы подоконных досок, заделываемых в кладку стен, надо обрабатывать пастой и оборачивать толем или пергамином. Нижнюю поверхность досок изолируют от кладки слоем антисептированного войлока. В пределах помещения подоконные доски должны быть установлены на одном уровне.

Столярные перегородки изготовляют на заводах и доставляют на строительные площадки в виде укрупненных блоков-щитов. Щиты соединяют промежуточными стойками. К стенам здания перегородки крепят ершами, которые прикрывают декоративными штапиками. Выступающие углы перегородок оформляют угловыми стойками. Стойки и щиты перегородок устанавливают на чистые полы и прикрепляют к ним обвязочными брусками, которые обрамляют карнизами.

Встроенная мебель (шкафы, раскладные кровати, столы и др.) поступает на возводимые объекты в готовом виде. В нишах каменных стен оставляют отверстия, в которые закладывают деревянные пробки, заделывают закрепы и штыри. К ним и прикрепляют мебель.

Для пристрожки столярных изделий на строительной площадке используют электрорубанки. Гнезда под дверные замки размечают по шаблонам, а устраивают электрофрезой.

Как уже указывалось, места примыкания конструкций в зданиях оформляют плинтусами, галтелями, наличниками, нащельниками, штапиками и другими элементами фасонного профиля. Их завозят на строительную площадку комплектно, опиливают «по месту», крепят на гвоздях или шурупах, в углах стыкуя «на ус».

Декоративные деревянные изделия доставляют на строительные площадки окончательно отделанными, в упакованном виде. Устанавливают их после завершения основных отделочных работ.

Все подготовительные работы — установку каркасов, пробок, закрепов и ершей — выполняют до начала малярных работ. Установив изделия, подправляют отделку в местах повреждений (см. раздел XIII).

§ 4. ОХРАНА ТРУДА И ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Согласно правилам техники безопасности, ручной инструмент должен быть правильно и надежно закреплен на рукоятках. Точить инструмент на абразивных станках рабочие должны в защитных очках. Корпус электроинструмента заземляют. Электропровод изолируют, предохраняя от повреждения подвеской или прокладкой его в коробе.

При сборке стен подмости устраивают через каждые 1,2 *м* по высоте. Укладка верхней обвязки и балок перекрытия допускается после того, как стойки или рамы каркаса укреплены подкосами в двух взаимно перпендикулярных направлениях. До начала монтажа каркаса

второго этажа надо укрепить раскосами жесткости все стойки первого этажа.

Балки междуэтажных и чердачных перекрытий, элементы потолков и накат укладывают с подмостей. Для монтажа перегородок, стропильных конструкций и других частей здания с перекрытиями по балкам последних укладывают настил шириной не менее 0,7 *м*, укрепляя щиты на опорах. Хождение рабочих и размещение материалов на подшивке, прибитой снизу к балкам, или по накату, уложенному на черепные бруски, запрещается.

Рабочих, занятых на антисептировании конструкций, обеспечивают спецодеждой и защитными приспособлениями. После работы инструменты и приспособления надо промыть. Антисептирование проводят только на специально предназначенных площадках и по окончании работы место, где оно проводилось, очищают. Рабочие тщательно обмывают открытые части тела водой с мылом.

Для обеспечения противопожарной защиты курение разрешается только в специально отведенных местах, где устанавливаются бочки с водой или урны.

Лесные и другие материалы надо складировать в соответствии со стройгенпланом, не загромождая дорог и проездов. Штабеля лесных материалов должны быть удалены от временных и постоянных зданий и сооружений: круглые материалы на расстояние не менее 15, пиленые — на 30 *м*.

С территории склада лесных материалов следует снять дерн и периодически очищать ее от коры и щепы.

Пространства под полами в зданиях тщательно очищают от стружки, щепы и опилок.

Разводить костры на территории строительства запрещается.

РАЗДЕЛ X

УСТРОЙСТВО КРОВЕЛЬ

Глава 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Кровли являются гидро- и термоизолирующими конструкциями покрытий зданий и сооружений. От их надежности зависят условия эксплуатации объектов и долговечность защищаемых частей.

Гидроизолирующие части кровель устраивают из рулонных, мастичных и штучных материалов.

Для термоизолирующей части используют монолитные, плитные и сыпучие материалы.

Наиболее долговечны кровли из штучных материалов: черепичные служат 60 и более лет, асбестоцементные — 30 и более, стальные — 25. Однако трудоемкость их устройства значительна. Устройство рулонных кровель из рубероида и толя менее трудоемко, но они служат только 5—10 лет. В местностях, богатых лесом, устраивают кровли из досок, гонта и щепы.

Временные сооружения обычно покрывают толем.

Комплексный процесс устройства кровли состоит из подготовительных, основных и сопутствующих им транспортных процессов, состав которых зависит от назначения помещения и применяемых термо- и гидроизолирующих материалов.

Уровень механизации кровельных работ пока невысок и приближается к 10%, что недостаточно, особенно учитывая опасные условия их производства на высоте с применением материалов, подогретых до высокой температуры.

Улучшить этот показатель можно комплексной механизацией процесса устройства кровель на объектах и выполнением части из них на заводах, изготовляющих конструкции покрытия. Наиболее прогрессивным направлением совершенствования устройства кровель является применение монолитных термоизолирующих и мастичных гидроизолирующих материалов, а также использование плит покрытия полной заводской готовности.

Производство работ следует начинать с участков, наиболее удаленных от мест подъема материалов на покрытие, и вести от пониженных точек к повышенным.

Глава 2

РУЛОННЫЕ И МАСТИЧНЫЕ КРОВЛИ

§ 1. КРОВЛИ ИЗ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Подготовительными процессами при устройстве этого вида кровель являются подготовка рулонных материалов к наклейке и приготовление грунтовок и мастик.

К основным процессам относят подготовку основания под пароизоляцию и ее устройство, укладку утеплителя, выравнивание основания под ковер, огрунтовку основания, устройство ковра и его защит.

Кровли из рулонных материалов начинают устраивать с подготовки основания под пароизоляцию, включая устройство опор под воронку внутреннего водостока (рис.

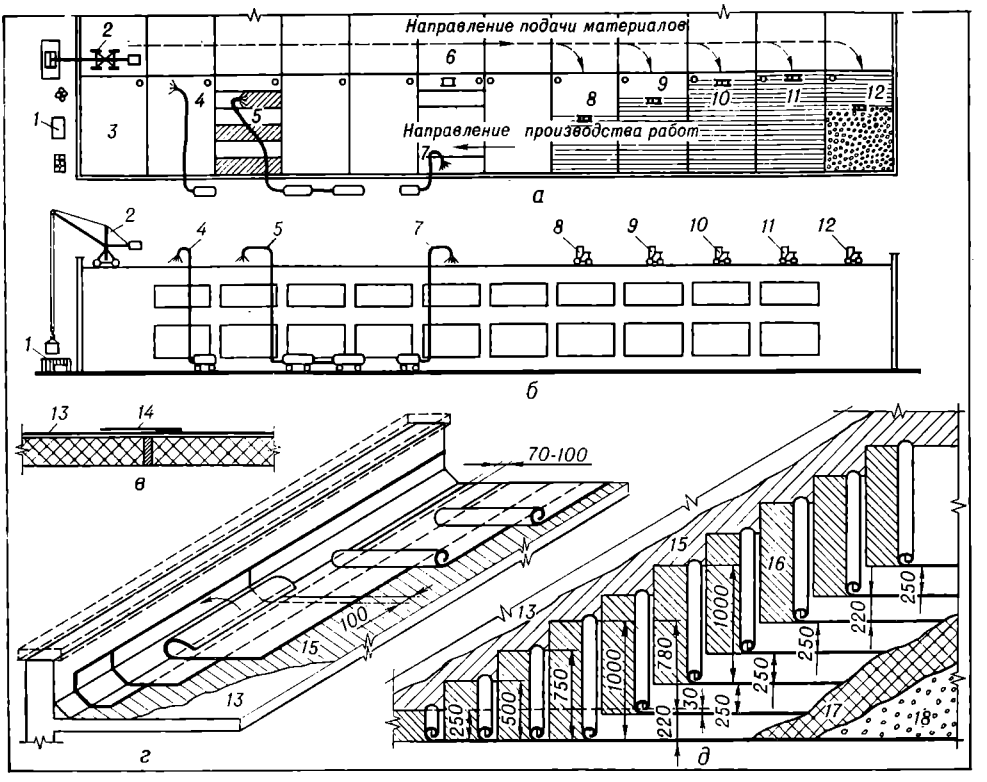


Рис. X.1. Рулонная кровля:

а — технологическая схема производства работ (план); *б* — то же, разрез; *в* — устройство швов в основании; *г* — послойный способ раскладки полотнищ рулонного ковра; *д* — способ одновременной раскладки материалов для устройства кровли в четыре слоя; *1* — станок для очистки и распрямления рулонных материалов; *2* — кран для подъема материалов в бункерах или контейнерах; *3* — подготовленное основание под пароизоляцию; *4* — устройство пароизоляции; *5* — укладка утеплителя; *6* — машина для устройства выравнивающей стяжки; *7* — огрунтовка стяжки; *8* — *11* — машины для послойной наклейки рулонного ковра в процессе работы; *12* — машина для устройства защитного слоя; *13* — стяжка по утеплителю; *14* — защитная подкладка; *15* — грунтовка; *16* — мастика для наклейки ковра; *17* — мастика под гравий; *18* — гравий.

X. 1, *а*, *б*). Мастику для пароизоляции подают на крышу по шлангу от автогудронатора и наносят форсункой.

На отвердевшую мастику укладывают монолитную термоизоляцию полосами (через одну) шириной 4—6 *м* по маячным рейкам. Полосы разделяют поперек рейками через 6—12 *м*. После схватывания смеси заполняют пропущенные полосы и компенсационные швы.

Наиболее технологична монолитная термоизоляция из вспененного полистирола, цемента и воды, приготовляемая и укладываемая с помощью передвижного комплекта машин. С одной стоянки агрегат-комплект обеспечивает укладку утеплителя на площади 40 тыс. $м^2$. По сравнению с традиционными материалами масса этого утеплителя меньше на 70%, а трудоемкость укладки — в 7 раз.

Поверх термоизоляции делают выравнивающую стяжку из цементно-песчаного раствора или асфальтобетона.

Чтобы предохранить водоизоляционный ковер от температурно-усадочных деформаций основания, в стяжке над стыками плит покрытия, пользуясь рейками, устраивают швы шириной 10 *мм*. Их заливают кровельной мастикой и перекрывают полосками рулонного материала шириной 100 *мм*, которые

приклеивают только вдоль одной кромки (рис. X.1, *в*).

Толщина стяжки при укладке по монолитным утеплителям не должна превышать 10, по плитным утеплителям — 20 и по сыпучим — 30 *мм*.

В местах примыканий стяжки к вертикальным поверхностям устраивают переходные наклонные бортики шириной 100—150 *мм* под углом 45°. Места соединения бортика с вертикальной и горизонтальной поверхностью закругляют для лучшей приклейки рулонного ковра.

Огрунтовку производят в первые часы после укладки раствора, чтобы она лучше проникала внутрь стяжки, закрывая поры. Огрунтованную свежеуложенную стяжку не надо защищать от действия солнечных лучей, так как образующаяся пленка препятствует испарению воды из раствора.

Для огрунтовки используют битум (или пек — для толевых кровель), растворенный в двух частях разбавителя (солярового масла для битума или антраценового — для пека). Эти разбавители замедляют образование пленки, улучшая сцепление грунтовки со стяжкой. Высыхание грунтовки длится 24—48 *ч*.

Одновременно с этими основными процессами осуществляют подготовительные работы вне кровли. Для устранения волнистости и улучшения склеиваемости *рулонные материалы перематывают* на специальном станке, вытягивают и очищают их от посыпки (рис. X.1, *а,б*). Материалы, не имеющие покровного слоя, перематывают на другую сторону. Если рубероид будут наклеивать на холодной мастике, очищать его от посыпки не надо, так как она поглощается мастикой, становясь ее наполнителем.

Грунтовки и мастики готовят в заводских условиях и доставляют централизованно в установках, обеспечивающих в пути перемешивание и поддержание заданной температуры.

Устройство ковра. *Рубероид или толь* наклеивают на скаты покрытий, уклон которых не превышает 25%. При большем уклоне скатов (борта фонарей и т. п.) полотнища крепят гвоздями с шайбами из рулонного материала к деревянным антисептированным рейкам.

Количество слоев кровли (рис. X. 1, *г, д*), а также дополнительных слоев в местах примыканий указывают в проекте. На кровлях с уклоном до 15% рулонные материалы наклеивают перпендикулярно к направлению стока воды, при бо́льших уклонах — параллельно стоку воды. Перекрестная наклейка полотнищ недопустима.

Полотнища наклеивают с нахлесткой по 100 *мм* в продольных и поперечных стыках, сдвигая их в смежных слоях (стыки слоев не должны совпадать по вертикали).

Ковер начинают наклеивать с пониженных мест — воронок внутреннего водостока, ендов, карнизов — и делают это послойно: сначала первый слой по всей площади захватки, а после его проверки и приемки — второй слой и т. д.

Для этих работ применяют машины конструкции ЦНИИОМТП (рис. X.1, *а,б*). Рулон надевают на ось катушки и заправляют бак мастикой. Водитель наносит машиной мастику на огрунтованную стяжку, разравнивает ее, разматывает рулон и приклеивает его на мастике, укатывая ковер. Прямолинейный ход машины обеспечивается направляющими рейками из швеллеров, по которым катятся одно переднее колесо и заднее рулевое. Первый раз рейки укладывают по контрольной линии, обозначаемой мелом, а при наклейке последующих рулонов — по кромке ранее уложенного материала. Рейки перекладывает один из рабочих в процессе движения машины. К внешней сети машину подключают штепсельным разъемом.

Скорость передвижения машины — до 13 *м/мин*, производительность 1200—1800 $м^2$ однослойного ковра в смену.

При наклеивании *рубероида с наплавленным слоем мастики* используют те же машины, но вместо бака для мастики устанавливают баллоны со сжиженным газом и оборудование для расплавления мастики.

В стесненных условиях рулонные материалы наклеивают вручную. Мастику наносят на основание щеткой участками по 50—60 *см* по длине раскатываемого рулона. Раскатывая рулон, полот-

нище тщательно притирают от середины к краям (чтобы удалить из-под него пузырьки воздуха) и сразу же прикатывают ручным дифференциальным катком массой 84 *кг*. По мере наклеивания полотнища швы прошпаклевывают мастикой, выступившей по его краям во время притирки и прикатывания.

Если покрытие запроектировано *из панелей с рулонным материалом, наклеенным в заводских условиях*, места сварки в панелях и стыки между ними заделывают цементно-песчаным раствором, сверху устраивают пароизоляцию, укладывают термоизоляционный слой и стяжку. Затем стыки перекрывают полосками рулонного материала, приклеивая их только вдоль одной кромки. После проверки состояния наклеенного на заводе слоя приклеивают остальные слои ковра.

Устройство защитного слоя ковра механизируют, навешивая на наклеечную машину специальный бункер, который загружают гравийной или другой каменной крошкой. После нанесения *мастики* ее посыпают из бункера крошкой, которую прикатывают катком машины.

В условиях жаркого климата эффективны *водонаполненные кровли*. Их устраивают из четырех слоев толя-кожи на дегтевой мастике. Кровли специальными бортиками разделяют на отсеки, которые заполняют водой.

§ 2. МАСТИЧНЫЕ КРОВЛИ

Основная особенность мастичных кровель состоит в том, что их водоизоляционный ковер устраивают из нескольких слоев мастики, армируя их стеклохолстом или стеклосеткой. Мастику готовят на заводах из битума, асбеста, глины и воды. В состав мастики можно вводить и полимерные материалы.

Основные процессы устройства мастичных кровель такие же, как и рулонных.

Устройство пароизоляции начинают с наклеивания над стыками панелей покрытия защитных подкладок под основной слой мастики (рис. X.1, *в*) из полос руберoида шириной 250 *мм*. Их приклеивают на битумной мастике только с одной стороны. Над поперечными стыками панелей эти подкладки перекрывают локальными армирующими прокладками из стеклоткани, которые наклеивают на эмульсионно-битумной мастике. Стеклоткань стыкуют с напуском 50—70 *мм*.

Примыкания панелей покрытия к другим конструкциям также проклеивают полосами стеклоткани шириной 300 *мм* на той же мастике.

Пароизоляционные слои устраивают из эмульсионной битумной мастики сплошными, без разрывов, для чего пользуются растворонасосом и бескомпрессорной форсункой. Количество слоев зависит от режима эксплуатации ограждаемого помещения. Толщина каждого слоя 1—2 *мм*.

Термоизолирующий слой и стяжку на нем устраивают, как и в рулонных кровлях.

До нанесения первого мастичного слоя водоизоляционного ковра, как и при устройстве пароизоляции, наклеивают защитные подкладки над продольными стыками плит, швами выравнивающей стяжки и над местами примыканий к выступающим или проходящим через кровлю конструкциям. Над поперечными стыками плит, поперечными швами выравнивающих стяжек и в местах примыкания основного водоизоляционного ковра к карнизам, помимо одной защитной подкладки, укладывают армирующую прокладку из стеклоткани.

После этого устанавливают водоприемные воронки, устраивают ковер в ендовах и карнизные свесы.

Мастику основных водоизоляционных слоев наносят через форсунку с помощью специальной установки или подают растворонасосом по шлангам диаметром 38 или 51 *мм*.

Сплошные армирующие прокладки из стеклоткани укладывают по дополнительному слою битумной эмульсионной мастики между основными слоями мастичного ковра после формирования предыдущего слоя. Дополнительный слой мастики наносят полосами, ширина которых на 100 *мм* больше ширины армирующих прокладок. Армирующие прокладки наклеивают с нахлесткой по

продольным и торцовым кромкам на ширину 100 *мм*.

В местах примыканий армирующие прокладки из стеклоткани наклеивают на дополнительных слоях мастики поочередно после формирования каждого основного слоя мастичного ковра.

Над защитными подкладками основной ковер усиливают дополнительным слоем мастики также на ширину, большую, чем ширина подкладки, но не менее 200 *мм*.

Каждый последующий слой мастики наносят после высыхания предыдущего (когда при ходьбе по нему он перестает прилипать и не размывается водой).

После формирования основных и дополнительных слоев водоизоляционного ковра устраивают защитный слой, как и в рулонных кровлях.

Глава 3

КРОВЛИ ИЗ ШТУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

§ 1. АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫЕ КРОВЛИ

Асбестоцементные кровли устраивают из волнистых листов обыкновенного профиля (ВО), усиленного (ВУ) и унифицированного (УВ), а также из плоских плиток.

Перед укладкой листов или плиток разжелобки и карнизы с настенными желобами, выполненные в виде сплошного деревянного настила, покрывают листовой оцинкованной сталью.

Волнистые асбестоцементные листы обыкновенного профиля размером 678 × 1200 *мм* укладывают по деревянной обрешетке из брусков сечением 60 × 60 *мм*. Каждый лист должен опираться на три бруска. Для плотного прилегания листов к обрешетке и между собой карнизный брусок поднимают с помощью подкладок на 6 *мм*, а последующие четные бруски на 3 *мм*.

Листы укладывают снизу вверх (от карниза к коньку) рядами параллельно карнизу. В рядах каждый лист должен перекрывать смежный на одну волну, а смежные ряды укладывают с нахлесткой на 120 *мм* при уклоне крыши более 50% и 140 *мм* при уклоне 33—50% (рис. X.2, *а—д*).

Плотное прилегание листов в рядах вдоль и поперек ската обеспечивают уменьшением количества слоев в нахлестке. Для этого при укладке обрезают углы двух листов (рис. X.2,*г*) или смещают перекрывающиеся кромки на одну волну (рис. X.2,*д*).

При уклоне крыши более 50% листы укладывают насухо, а зазоры в местах нахлестки заделывают со стороны чердака цементно-песчаным раствором с волокнистым наполнителем. При меньшем уклоне в местах нахлестки листы укладывают на слой раствора или мастики, в состав которой входят: битум, соляровое масло, известь-пушонка и шлаковата.

Листы крепят к обрешетке нержавеющими гвоздями или шурупами с мягкими шайбами. Отверстия в листах для гвоздей и шурупов просверливают в гребнях волн заранее или в процессе работы ручной дрелью или электросверлом. Каждый лист карнизного ряда крепят тремя гвоздями: двумя — вторую волну от края со стороны нахлестки и одним — четвертую волну к карнизному брусу. Крайние листы последующих рядов крепят двумя гвоздями, а рядовые — одним гвоздем во вторую волну.

На коньковом брусе через 2 *м* закрепляют крючья для навешивания ходовых мостиков. Ребра и конек крыши покрывают коньковыми деталями.

Примыкания к вертикальным поверхностям закрывают асбестоцементными уголковыми деталями или металлическими фартуками.

Листы усиленного и унифицированного профилей (размерами 994 × 1750÷2800 и 1125 × × 1750÷3300 *мм*) используют для покрытия промышленных зданий с уклоном крыши более 25%. Их укладывают по доскам обрешетки, закрепляемой на железобетонных плитах покрытия (рис. X.2, *а,б*), или по деревянным плитам покрытия (рис. X.2, *в*). Листы длиной

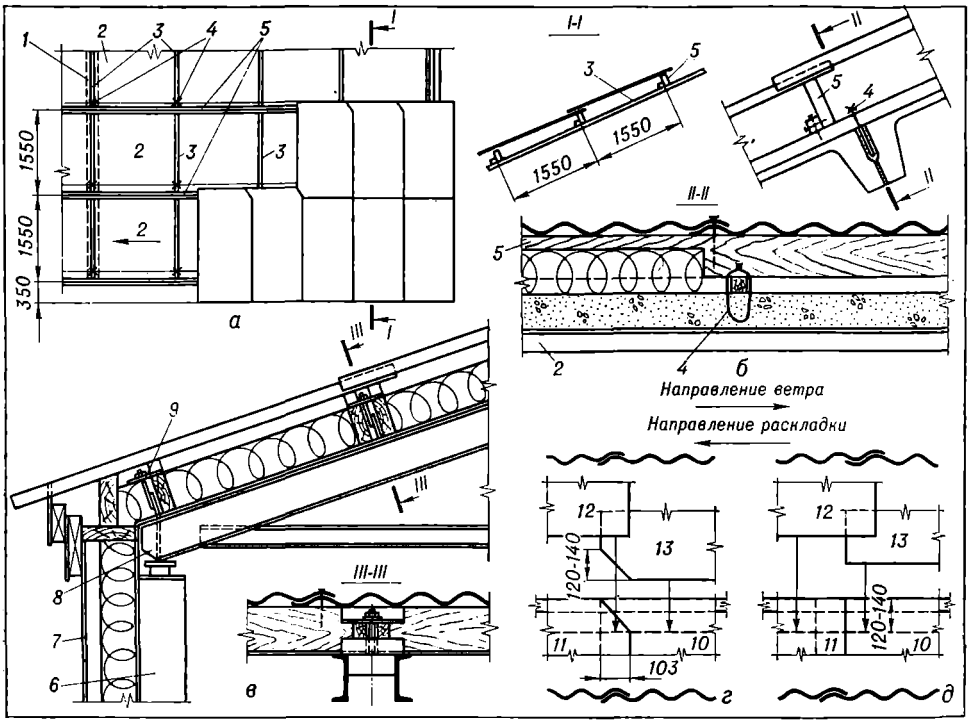


Рис. X.2. Кровли из асбестоцементных листов:

а — продольная укладка асбестоцементных листов; *б* — крепление листов к обрешетке по железобетонным плитам; *в* — то же, к плитам покрытия с деревянным каркасом; *г* — раскладка листов с обрезкой углов; *д* — то же, со смещением кромок; *1* — железобетонная безраскосная ферма; *2* — железобетонные плиты; *3* — деревянные бруски; *4* — проволочные скрутки; *5* — доски обрешетки; *6* — колонна; *7* — стеновая панель; *8* — металлическая ферма; *9* — болт для крепления плит покрытия к деревянному каркасу; *10* и *11* — первый и второй листы первых рядов; *12* — второй лист последующего ряда; *13* — первый лист последующего ряда.

1750 *мм* опирают на две доски, а длиной более 2000 *мм* — на три. В каждом ряду листы укладывают так, чтобы они перекрывали соседние на одну волну, а смежные ряды — с нахлесткой 200 *мм* (рис. X.2,*а*). При этом обрезают углы или смещают перекрываемые кромки листов.

Оформление свесов, примыканий, ребер, коньков, а также заделку зазоров производят так же, как и в кровлях из листов обыкновенного профиля.

Плоские асбестоцементные плитки, как и волнистые листы, укладывают рядами снизу вверх (начиная с карниза). На основание — настил из досок, уложенных с зазором 10 *мм* и покрытых пергамином, до укладки плиток рекомендуется нанести мелом сетку с шагом 225 *мм* по уклону крыши и 235 *мм* в поперечном направлении.

Вдоль карниза и фронтона укладывают половинки плиток. Конек и ребра покрывают коньковыми деталями. Каждую плитку крепят к опалубке двумя гвоздями и противоветровой кнопкой.

§ 2. ЧЕРЕПИЧНЫЕ КРОВЛИ

Черепицу укладывают на обрешетку из деревянных брусков. Расстояние между брусками и их сечение зависят от вида черепицы и способа ее укладки.

Укладку ведут рядами снизу вверх (от карниза к коньку) с разбежкой швов. Для этого через ряд первой кладут половинку черепицы (рис. X.3,*а*). Для восприятия температурных смещений между черепицами в ряду оставляют зазор 1,5—2 *мм*.

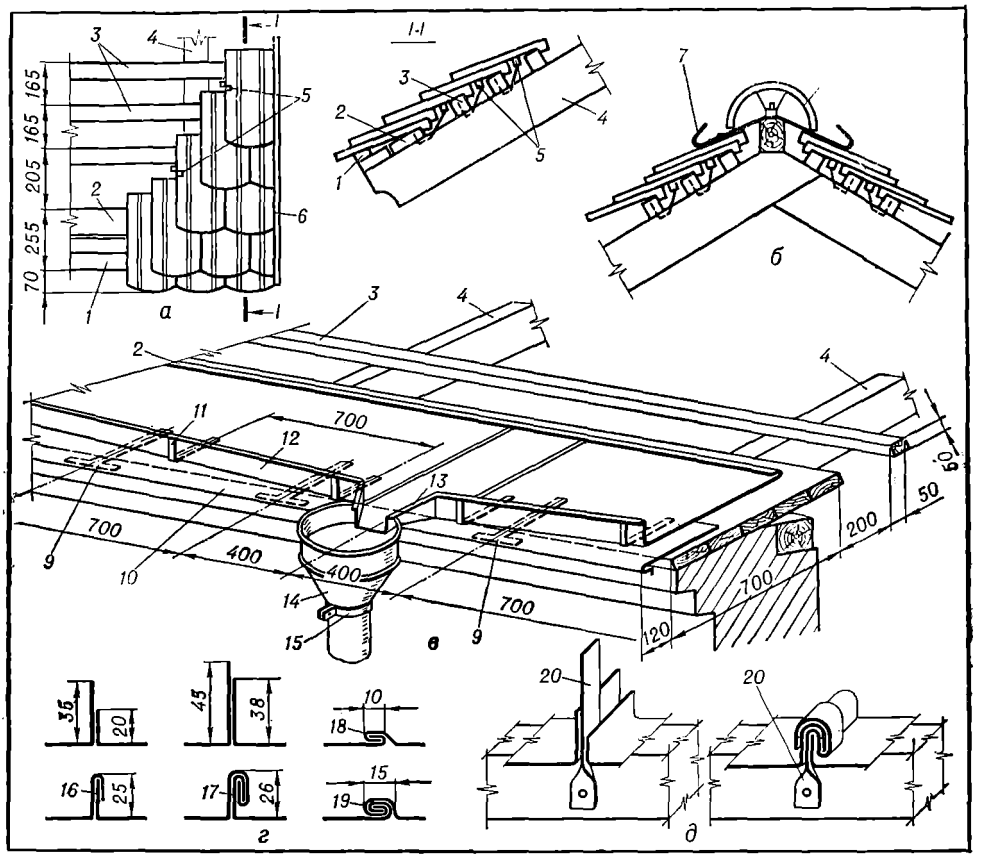


Рис. X.3. Кровли из черепицы и стальных листов:

а — двухслойное покрытие ската крыши плоской ленточной черепицей; *б* — покрытие конька; *в* — покрытие карнизного свеса кровельной сталью; *г* — фальцевые соединения металлических листов; *д* — крепление картин к обрешетке; *1* — уравнительная рейка; *2* — настил; *3* — бруски обрешетки; *4* — стропильные ноги; *5* — клямера; *6* — ветровая доска; *7* — скоба для крепления ходовых мостиков; *8* — коньковая желобчатая черепица; *9* — костыли; *10* — крайний лист свеса; *11* — крюк для крепления настенного желоба; *12* — настенный желоб; *13* — лоток; *14* — воронка; *15* — хомут со штырем для крепления воронки; *16* — одинарный стоячий фальц; *17* — двойной стоячий фальц; *18* — одинарный лежачий фальц; *19* — двойной лежачий фальц; *20* — клямера для крепления картин.

Пазовую черепицу укладывают справа налево в один слой. Образующиеся при нахлестке продольные закрытые швы не протекают.

Плоская черепица не позволяет создать продольные закрытые швы, поэтому ее укладывают в два слоя как справа налево, так и слева направо.

Пазовую черепицу крепят к обрешетке проволокой, а плоскую — клямерами. При уклоне более 45° крепят все черепицы, а при меньшем уклоне — только нечетные ряды, включая карнизный и коньковый, и черепицы вдоль фронтонов, ребер и разжелобков. Плоские черепицы крепят через одну-две.

Рабочее место кровельщика организуют так, чтобы он мог вести укладку полосами в три-четыре ряда. Поддон с кассетами черепицы располагают впереди рабочего на расстоянии вытянутой руки. На таком же расстоянии слева вверху устанавливают ящик с крепежными изделиями. После выкладки во всех рядах полосы по две черепицы кровельщик меняет позицию и сдвигает в направлении укладки поддон и ящик. Подсобный рабочий подает укладчику материалы и перемещает поддоны.

Для равномерной загрузки стропил и стен устраивать черепичную кровлю

надо одновременно на противоположных скатах.

Разжелобки покрывают кровельной оцинкованной сталью или специальной черепицей, а конек и ребра — коньковой желобчатой черепицей (рис. X.3, *б*).

В местах примыкания к вертикальным поверхностям кровлю заводят под выдры, а зазоры заделывают цементно-песчаным раствором.

Зазоры между черепицами промазывают изнутри чердака цементно-известковым раствором, в который добавляют паклю, войлок или другие волокнистые материалы.

§ 3. ПОКРЫТИЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ

Из оцинкованной кровельной стали устраивают отдельные элементы кровли и водостока: разжелобки, карнизные свесы, примыкания к вертикальным поверхностям, водосточные желоба и трубы, подоконные сливы и т. д. При реставрации покрытий применяют и *обычную кровельную сталь*. Листы имеют толщину 0,51—0,7 *мм* и размеры 710 × 1420 *мм*. Обычную кровельную сталь предварительно покрывают с двух сторон олифой с добавлением пигмента, а после укладки красят масляной краской.

Основание для покрытия кровельной сталью выполняют в виде обрешетки из деревянных брусков 50 × 50 *мм* и досок 50 × 120÷140 *мм* (рис. X.3, *в*).

Деревянная обрешетка должна быть прочной, жесткой и ровной. Между контрольной метровой рейкой и обрешеткой допускается не более одного просвета на 1 *м*, причем только плавного очертания и величиной не более 5 *мм*.

Конек устраивают из соединяемых под углом досок. Карниз, разжелобки и ендовы покрывают сплошным дощатым настилом. На скатах через каждые четыре бруска закрепляют доски. Расстояние между осями досок принимают 1390 *мм*, чтобы стыки листов попадали на них.

Основание карнизных свесов оклеивают слоем рулонного материала, который служит пароизоляцией и предотвращает образование конденсата на нижней плоскости металлических листов.

Детали стальных элементов кровли заготовляют в специализированных мастерских. Кровельный лист, кромки которого подготовлены для соединения, называется ***картиной.***

Картины соединяют между собой одинарными или двойными стоячими либо лежачими фальцами (рис. X.3, *г*). Стоячие фальцы располагают вдоль стока воды, а лежачие — поперек стока.

Картины на скате крепят к обрешетке клямерами — полосками кровельной стали (рис. X.3, *д*). Один конец клямеры прибивают гвоздем к бруску обрешетки, а другой проходит через стоячий фальц и охватывает его.

При покрытии карниза в доски основания врезают Т-образные костыли, выступающие за свес. К ним крепят нижние края картин свеса, а верхние прибивают к основанию гвоздями. Одновременно с костылями к доскам крепят штыри с хомутами для крепления воронок водосточных труб (рис. X.3, *в*).

Настенные желоба укладывают на картины карнизного свеса и крепят заклепками к специальным крючьям. Верхнюю кромку желоба заводят под основное покрытие кровли.

Наружные водосточные трубы, заготовленные в виде отдельных звеньев и деталей, крепят к стенам штырями с ухватами по мере возведения здания.

Воротники вокруг дымовых труб и вентиляционных шахт устраивают из П-образных половин, соединяемых на месте установки.

§ 4. УСТРОЙСТВО КРОВЛИ ИЗ ПЛИТ ПОВЫШЕННОЙ И ПОЛНОЙ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ

Кровельные плиты повышенной готовности представляют собой несущие железобетонные конструкции, на которые в заводских условиях нанесены слои пароизоляции, термоизоляции, стяжки и наклеен один слой рулонного ковра.

После монтажа и приварки плит швы между ними заделывают раствором, затем покрывают слоями термоизоляции, стяжки и оклеивают полосками рубероида шириной 250—350 *мм*. Если монтаж покрытия выполняют при отрицательной температуре, остальные слои рулонного ковра наклеивают с наступлением тепла.

Кровельные плиты полной заводской готовности представляют собою коробчатую конструкцию, несущими элементами которой являются решетчатые прогоны из алюминиевых сплавов, ограждающими (со всех сторон) — асбестоцементные, стеклопластиковые или алюминиевые листы.

В качестве теплоизоляции, помещаемой между ограждающими плоскостями, применяют пенопласты, мипору, сотопласты и другие легкие эффективные материалы. Утеплитель чередуется с воздушными прослойками. После монтажа швы между плитами закрывают специальными деталями — раскладками.

Покрытия из таких плит легки и долговечны, монтировать их можно в любое время года без снижения качества. Затраты на монтаж и эксплуатационные расходы незначительны. Однако массовое их применение пока сдерживает высокая относительная стоимость самих плит.

Глава 4

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА КРОВЕЛЬ

Устраивать кровли предпочтительно при положительной температуре. Каждый из процессов выполняет специализированное звено. Звенья комплектуют так, чтобы их производительность соответствовала выработке ведущего звена, укладывающего кровельный материал.

Фронт работ расчленяют на захватки, размеры которых определяются сменной выработкой ведущего звена. Границами захваток служат линии водоразделов, границы между конструктивными ячейками и др. (рис. X.4,*а*).

Число захваток при ритмичном потоке устройства кровель определяют по формуле

$$m = \frac{A(T - \sum t_т)}{k} - n + 1,$$

где T — заданный срок устройства кровли, рабочих дней; A — число рабочих смен в сутки; k — модуль цикличности, смен; $\Sigma t_т$ — сумма технологических перерывов, дней; n — количество частных потоков, составляющих специализированный поток устройства кровли.

На устройстве рулонной кровли обычно работает десять звеньев (рис. X.4,*б*). Первое звено готовит основание под пароизоляцию, включая установку оснований для водосточных воронок; второе устраивает пароизоляцию; третье укладывает утеплитель; четвертое устраивает выравнивающую стяжку; пятое огрунтовывает основание под ковер; шестое÷девятое наклеивают ковер; десятое устраивает защиту ковра.

Рулонные материалы и мастики для этих работ готовит специальное — заготовительное звено.

Размещение подъемников и направление производства работ должны исключать движение по недавно выполненной кровле. При наличии на крыше фонарей кровлю устраивают сначала на них, затем между ними и, наконец, на захватках, начиная со стороны свесов или парапетов.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА КРОВЕЛЬ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Рулонные кровли устраивают при температуре не ниже —20° С. Основание отогревают до положительной температуры, очищают от снега и наледи и осушают.

Рулонные кровельные материалы до укладки также надо отогревать.

Стяжку устраивают из асфальтобетона и наклеивают только один слой рулонного материала и покрывают его мастикой. В теплое время года этот слой ремонтируют и наклеивают остальные слои ковра.

При наклеивании рулонного ковра температура горячей битумной мастики должна быть не ниже +180° С, холодной битумной — не ниже +70° С, а горячей дегтевой мастики — не ниже +140° С.

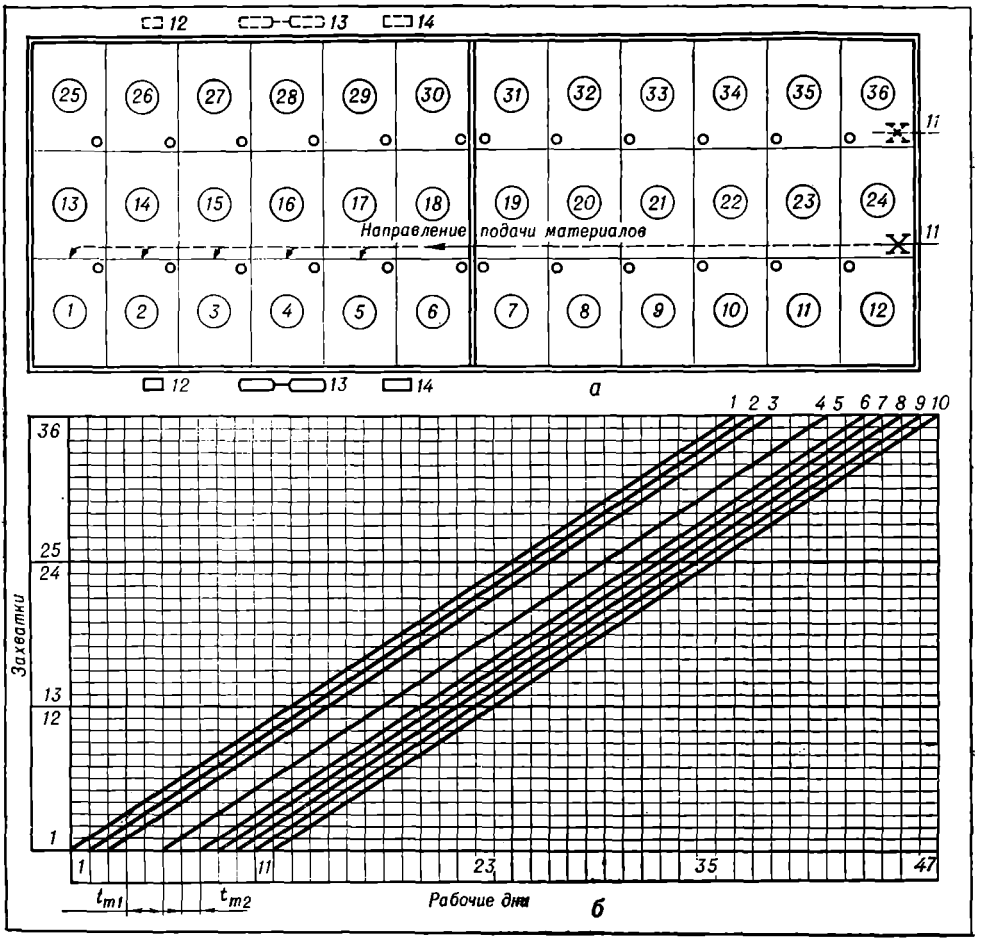


Рис. X.4. Организация работ по устройству рулонной кровли:

а — схема расчленения на захватки (числа в кружках — номера захваток); *б* — циклограмма производства работ (*1* — *10* — номера звеньев); *11* — места расположения крана для подъема материалов; места расположения машин для огрунтовки поверхности стяжки — *12*; укладки утеплителя — *13*; устройства пароизоляции — *14*.

В зимних условиях эффективна установка для нанесения битума газопламенным способом. Она состоит из пневмоаппарата, компрессора, воздуховода, баллона для сжиженного пропанбутана и газопровода.

От компрессора сжатый воздух поступает по шлангам в смесительную камеру и подхватывает порошкообразный битум. К горелке подведен газ, который сгорает в струе воздуха, подающего битум. Расплавленный каплеобразный битум выбрасывается через горелку, образуя плотный слой толщиной до 1 *мм*.

Битумный порошок вместе с наполнителем готовят централизованно в молотковых дробилках и доставляют на объекты в бумажной или деревянной таре. В качестве наполнителя применяют известь-пушонку, цементы низких марок и др.

При работе в холодное время целесообразно использовать рубероид с наплавленным слоем мастики.

Заполнять швы черепичных кровель раствором следует при положительной температуре наружного воздуха.

§ 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА РАБОТ

Производство кровельных работ рабочие и инженерно-технические работники контролируют по схемам операционного контроля, прилагаемым к технологической карте.

Отклонение от проектного уклона для скатных кровель не должно превышать 5%. Особенно тщательно надо проверять устройство примыканий к выступающим конструкциям, ендов, воронок водостоков.

Устройство каждого конструктивного слоя кровли, не доступного для осмотра после выполнения последующего слоя, оформляется актом на скрытые работы.

Качество приклеивания рулонных материалов оценивают, медленно отрывая один слой ковра от другого. При этом отслаивание недопустимо, а разрыв может быть по мастике или рулонному материалу.

Штучные кровельные материалы должны быть уложены с требуемым напуском, хорошо прикреплены. Они должны плотно прилегать к основанию, не иметь околов, трещин, коробления. При осмотре снизу в кровле не должно быть просветов.

Водонепроницаемость кровель проверяют, заливая их водой или после дождя.

Приемку готовой кровли оформляют актом. Строительная организация выдает заказчику гарантийный паспорт, согласно которому она обязана устранять обнаруженные на протяжении 5 лет дефекты рулонных и мастичных кровель, а кровель из штучных материалов — в течение 10 лет.

§ 4. ОХРАНА ТРУДА И ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Приступать к устройству кровли можно только после проверки надежности несущих и ограждающих конструкций крыши. Рабочие должны иметь спецодежду, нескользящую обувь и предохранительные пояса.

При работе на мокрой кровле независимо от уклона, а на сухой кровле при уклонах более 25° рабочие должны иметь надежно закрепляемые переносные стремянки шириной 30 *см* с нашивными планками. Ходить по кровле из штучных материалов разрешается только по таким мостикам.

Складируют материалы на крыше на специальных поддонах, закрепляемых за обрешетку. Зону возможного падения материалов и инструментов ограждают. По окончании смены материалы и инструменты убирают или надежно закрепляют.

Навеску водосточных труб производят с люлек, зонты на дымовых трубах устраивают с подмостей.

Запрещено выполнять кровельные работы при ветре, достигающем шести и более баллов, при густом тумане, гололедице, ливневом дожде и сильном снегопаде.

В построечных условиях кровельные мастики готовят на специальных площадках, удаленных не менее чем на 50 *м* от огнеопасных строений. Суточный запас топлива и сырья следует размещать на расстоянии не ближе 4 *м* от котлов. Котлы наполняют не более чем на $^3/_4$ емкости. При воспламенении мастики котел плотно закрывают крышкой и тушат огонь огнетушителями или песком.

Доставлять мастику на рабочее место следует механизированным способом. Вручную горячую битумную мастику переносят в зауженных кверху бачках с крышками. Бачок на перекладине переносят двое рабочих.

Хранить растворители, грунтовки и мастики вблизи открытого огня, а также курить при работе с ними запрещается.

РАЗДЕЛ XI

ИЗОЛЯЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Глава 1

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Ограждающие конструкции зданий и сооружений из пористых материалов (бетоны, кирпич и др.) при длительном воздействии грунтовой и атмосферной влаги теряют свои эксплуатационные качества — понижается их прочность, долговечность, водонепроницаемость. Металл адсорбирует на своей поверхности влагу, которая под действием кислорода приводит к коррозии, сокращающей срок службы и прочность металлических конструкций. Поэтому все строительные конструкции, и особенно подверженные воздействию влаги, защищают покрытиями из гидрофобных* материалов. Такие покрытия называют ***гидроизоляцией***, а работы по их устройству — ***гидроизоляционными***.

Объем гидроизоляционных работ можно сократить с помощью конструктивных и организационно-технологических мероприятий, исключающих или ограничивающих непосредственный контакт конструкций с водой или иной жидкой средой. К таким мероприятиям относят устройство дренажа, тиксотропных диафрагм и глиняных замков, понижение уровня грунтовых вод, планировку территорий и устройство отмосток с целью отвода поверхностных вод, упрочнение грунтов силикатизацией, цементацией, битумизацией и др.

Устройству гидроизоляционных и антикоррозионных покрытий предшествует предварительная подготовка поверхностей защищаемых конструкций. Поверхности для покрытий на битумной основе, наносимых в горячем виде, очищают от грязи, жирных пятен, а в зимних условиях — от снега и наледи. Неровности поверхности снимают и сглаживают. Выступающие концы арматуры срезают. Раковины заделывают цементным раствором или битумно-асфальтовым бетоном. Острые наружные углы срезают под 45° (ширина среза 3—5 *см*), а внутренние — заовливают.

Грунтовка — обязательный элемент подготовки поверхностей под изоляцию. Грунт — это раствор битума в бензине (1 3) или другом растворителе, нанесенный на изолируемую поверхность тонким (до 0,02 *мм*) слоем. Для достижения более высокой сцепляемости грунт обычно наносят в два слоя: первый — из холодного раствора битума в керосине или дизельном топливе, второй — из раствора битума в бензине, причем второй слой наносят после полного высыхания первого.

Железобетонные конструкции после очистки насекают, а перед нанесением цементной штукатурки увлажняют и обдувают струей воздуха. Цементно-песчаные покрытия для более надежного их сцепления с бетонными поверхностями наносят после приобретения бетоном 70% проектной прочности.

Деревянные конструкции после очистки остругивают, трещины и впадины зашпаклевывают.

Каменные и кирпичные поверхности обрабатывают пескоструйными аппаратами и увлажняют.

Металлические конструкции очищают от окалины, ржавчины, масел и других наслоений электрическими или пневматическими щетками, скребками, дробеструйными или пескоструйными аппаратами. Применяют также химический способ очистки водным

* *Гидрофобными* называются водоотталкивающие материалы, не впитывающие в себя воду.

раствором серной или соляной кислоты с последующей промывкой водой и нейтрализацией остатков кислоты 5%-ным раствором кальцинированной соды. После этого поверхности два-три раза промывают теплой водой, просушивают и грунтуют. Сильно корродированные конструкции очищают более концентрированным (10—15%-ным) раствором фосфорной кислоты. Затем, удалив щетками ржавчину, поверхности промывают раствором этой кислоты, высушивают и грунтуют.

При окраске стальных конструкций грунтовочные составы изготовляют на растворителях, маслах и т. п. без примеси либо с незначительной добавкой наполнителей. Иногда изолируемые конструкции подогревают, что способствует лучшему сцеплению поверхностей с изоляцией.

К подготовительным процессам относят *организацию рабочих мест* — оснащение их приспособлениями, инструментами, механизмами, оборудованием, подмостями и материалами.

Для устройства **гидроизоляционных покрытий** применяют битумные и асфальтовые горячие и холодные мастики, асфальтовые и цементно-песчаные штукатурки и бетоны, гидрофобизированные грунты, глину и керамические плитки, рулонные (гидроизол, бризол, металлоизол, стеклорогожа, стеклоткань) и полимерные материалы (пленки, листы, лаки и их составы), а также стальные листы. Гидроизоляцией из этих материалов конструкции защищают со стороны гидростатического напора воды с учетом его величины, а также пористости, допустимой влажности и трещиностойкости защищаемых конструкций.

Гидроизоляционные покрытия бывают пластичные и жесткие. К пластичным относят обмазочные, окрасочные, оклеечные и литые, к жестким — цементно-песчаные, асфальтовые и другие штукатурки и листовые покрытия.

При высококачественном изготовлении пластичные покрытия характеризуются высокой водонепроницаемостью, адгезией (связью-сцепляемостью с изолируемой поверхностью), надежностью и относительной простотой устройства. Оклеечные покрытия отличаются, кроме того, высоким и длительным сопротивлением гидростатическому напору и обеспечивают надежную водонепроницаемость даже при появлении в изолируемых конструкциях небольших (шириною до 10 *мм*) трещин. Недостатки этих покрытий — оползание с изолируемых поверхностей битумных материалов, старение битумов (в результате испарения летучих смол) и повышение их хрупкости при нарушении температурного режима во время приготовления мастик и в процессе эксплуатации.

Особенности жестких покрытий — высокая прочность и надежность в условиях больших гидростатических напоров грунтовых вод и в агрессивных средах (пластмассовые, в частности винипластовые, покрытия), но вместе с тем — значительные стоимость и трудоемкость работ по их устройству. Штукатурные покрытия применяют только для защиты конструкций, не подвергающихся динамическим нагрузкам. Их устраивают после окончания осадки зданий и сооружений. Листовые покрытия применяют в сложных условиях эксплуатации и при воздействии на изолируемые конструкции динамических нагрузок.

Антикоррозионная защита предназначается для предохранения конструкций зданий и сооружений (особенно химических, металлургических и ряда других промышленных предприятий) от действия агрессивной среды — триоксида и диоксида серы, оксидов азота, хлора и их паров, а также растворов кислот, солей, щелочей. Вредные примеси могут содержаться в грунтовых водах. Взаимодействуя с материалом строительных конструкций, они постепенно разрушают их, сокращая сроки и надежность их службы. Во избежание коррозии поверхности конструкций защищают одним или несколькими слоями химически стойких материалов. Такие покрытия называют ***антикоррозионными***, а выполнение производственных процессов по их устройству — ***антикоррозионной защитой***.

Сокращения объема этих работ достигают устройством дренажей, водоотводов, вытяжной вентиляции и т. п., уменьшающих степень воздействия агрессивной среды на материалы конструкций.

Антикоррозионные покрытия выполняют в виде футеровки штучными материалами или защитных окрасочных и других химически стойких составов.

Футеровка — это облицовка поверхности строительных конструкций кислотостойкими мастичными материалами и штучными изделиями (специальным кирпичом, керамическими плитками, полимерными листами и пленками).

Непроницаемость швов обеспечивается применением вяжущих из битумных, силикатных и других материалов, приготовляемых на жидком стекле, серном цементе и др. В ответственных случаях швы заполняют замазкой арзамит, которую изготовляют из фенолформальдегидной смолы, растворенной в бензоловом спирте, и пылевидного наполнителя — порошка арзамита (смеси графита, кремнезема и сернокислого бария) с добавкой катализатора — паратолуолсульфитохлорида и др.

В качестве антикоррозионных защитных масс применяют асбовиниловые замазки, сырой фаолит, резиновые массы и клеи, тиоколовые герметики, гидрофобные эмульсии и другие химически стойкие составы. Асбовиниловые замазки, приготовляемые из лака этиноль, измельченного асбеста и пластификатора-савола, весьма стойки к действию минеральных и органических кислот (кроме серной и азотной), хлора, брома, растворов щелочей, солей и многих органических растворителей, сухих и влажных газов. Асбовиниловую массу для стальных конструкций приготовляют жидкой консистенции и применяют в виде окрасочного состава. Более густую шпаклевочную массу и сырой фаолит используют для защиты бетонных, стальных и деревянных конструкций (формованным и листовым фаолитом защищают аппараты и технологическое оборудование).

Изоляционные и антикоррозионные составы готовят по рецептам лабораторий заводским способом и доставляют на стройплощадку в готовом виде в специальной таре — бачках, мешках из крафт-бумаги, автогудронаторах и т. п. В рабочую зону составы подают в емкостях или насосами к распылителям и др. При необходимости (также по рецептам лабораторий) приготовление изоляционных составов организуют на строительных площадках.

Горячие битумные мастики (в том числе кислотостойкие) приготовляют в битумоварочных котлах из битума марки БН-IV и других в смеси с наполнителями — андезитом, кварцевым песком, асбестом и т. п. Сначала загружают и расплавляют битум, затем в него добавляют предварительно просушенные наполнители. Полученную смесь подогревают в течение 4—5 *ч* до ее полного обезвоживания (иначе структура битумного покрытия будет пористой).

Составы и конструкцию мастик подбирают с учетом температуры воздуха, чтобы не допустить их оплывания. Обычный состав: 70—90% (по массе) битума и 30—10% наполнителей (известь-пушонка, асбест № 6, 7, молотые известняки, доломиты, шлаки и др.).

При необходимости мастики расплавляют в котлах непосредственно на стройке. Емкость котлов должна обеспечить бесперебойную работу в течение смены. Температуру в котлах поддерживают в пределах 160—180° С. Готовую мастику доставляют к месту работ в утепленной таре и расходуют, поддерживая ее температуру постоянной.

Холодные мастики готовят из расплавленного битума марки БН-IV, растворенного в соляровом масле или керосине, пластификатора и наполнителей. Пластификатором служит петролатум, а наполнителями — цемент, измельченный асбест. Остуженный до 120° С расплавленный битум вливают тонкой струей в растворитель и перемешивают, затем полученный раствор смешивают с наполнителем.

Применяют также *битумобетоны*, состоящие из асбестового волокна, песка, щебня; *серные цементы* (состав: измельченная комовая сера, пылевидный кислотоупорный наполнитель и пластификатор — тиокол, термопрен, нафталин); *асбовиниловые* и другие замазки, приготовляемые на основе полиэфирных и эпоксидных смол.

Для устройства антикоррозионных окрасочных и напыленных покрытий применяют лаки и краски, эмульсии, эмали и их смеси с различными наполнителями — пигментами, распушенным асбестом, битумом и др.

Антикоррозионные растворы (окрасочные и штукатурные), обладающие требуемыми свойствами, готовят в растворо- и бетоносмесителях.

Готовое изоляционное покрытие должно быть сплошным — без раковин, трещин, пор и разрывов, хорошо склеенным с изолируемой поверхностью и каждым слоем покрытия, а также монолитным, т. е. составлять единое целое со строительной конструкцией и не иметь отслоений, вздутий и воздушных пузырей.

Изоляционные работы выполняют в строгом соответствии со СНиП III-В.12-69.

§ 2. ОБМАЗОЧНАЯ И ОКРАСОЧНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

Обмазочная гидроизоляция — это сплошной водонепроницаемый слой (или несколько последовательно наложенных слоев) остывшей битумной мастики

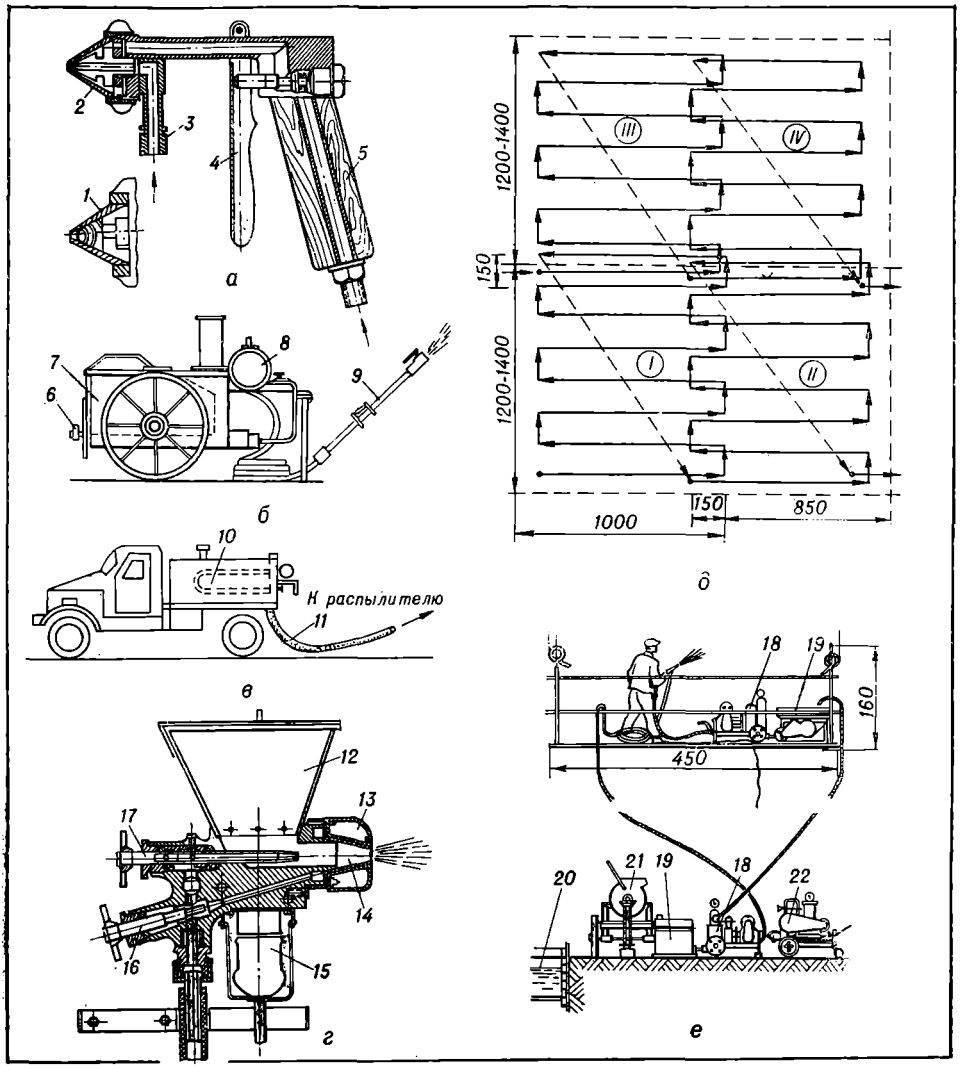


Рис. XI.1. Оборудование для нанесения гидроизоляционных составов:

а — краскораспылитель; *б* — гидроизоляционная установка; *в* — автогудронатор; *г* — асфальтометр; *д* — последовательность процесса гидроизоляции; *е* — схема комплексной механизации изоляционных работ (при высоких стенах); *1* — сопло для зимних условий; *2* — то же, для летних условий; *3* — мастикопровод; *4* — курок; *5* — воздуховод; *6* — сливной кран; *7* — котел объемом 200 *л*; *8* — топливный бак; *9* — «удочка»; *10* — емкость ($V = 2 \div 5$ *т*) с жаровой трубой; *11* — гибкий шланг высокого давления (в металлической оправе); *12* — загрузочный ковш; *13* — камера обогрева; *14* — сопло; *15* — подключатель электрического тока; *16* — регулятор подачи воздуха; *17* — то же, мастики; *18* — растворонасос; *19, 20* — бункер и емкость для мастики; *21* — растворосмеситель; *22* — компрессор.

толщиной 2—4 *мм*, нанесенной на поверхность конструкции, а ***окрасочная изоляция*** — более тонкий слой (0,2—0,8 *мм*) красящего состава. Каждый слой выполняют по подготовленной поверхности в два или несколько приемов вручную с помощью кистей или механизированным способом — распылителем (рис. XI.1, *а*), последовательно доводя слой до проектной толщины.

Обмазочную изоляцию применяют главным образом для защиты от капиллярной влаги. Начинают работы с очистки и грунтовки поверхности. После

высыхания грунта через 30—60 *мин* наносят первый слой мастики толщиной 1—1,5 *мм*, а после его остывания — второй, толщиной 1,5—2 *мм*. Мастику наносят полосами внахлестку захватками шириной до 3 *м*.

Доставляют мастику в утепленных 20-литровых бачках, специальных передвижных установках с баком-котлом емкостью 250 *л* (рис. XI.1, *б*), автогудронаторах емкостью до 5 *т* (рис. XI.1, *в*). Передвижные установки и гудронаторы оснащены шестеренчатыми насосами для перекачки мастики и распылителями для ее нанесения, а также топливными бачками с форсунками и термопарами, служащими для поддержания нужной температуры.

Асбовиниловые массы наносят на хорошо просохший грунт вручную (с помощью штукатурных инструментов) или механизированным способом — растворонасосом с форсункой. Толщина первого слоя 2—3 и остальных — 3—4 *мм*, общая толщина покрытия — 8—10 *мм*. Каждый слой уплотняют деревянными валками, просушивают при температуре 15—20° С в течение 1,5 суток и покрывают лаком этиноль. После этого наносят следующий слой. Полностью готовым покрытие считается после просыхания в течение 25—30 суток. Процесс сушки сокращают до 15—20 суток, обдувая покрытие струей горячего воздуха.

После нанесения обмазочной гидроизоляции на подземные части зданий и сооружений с наружной стороны устраивают замки толщиной 40—50 *см* из глины или из гидрофобизированных грунтов.

Измельченную глину смешивают в растворосмесителе с 2—3% нефтяных или дегтевых остатков (мазутом, жидким битумом марки БН-III, крекинг-остатком и др.), а затем с водой, взятой в количестве 20—30%. Готовую глиняную массу укладывают в опалубку, извлекаемую по мере засыпки пазух котлованов грунтом.

Гидрофобизированные грунты (смесь песка или суглинков с нефтебитумом, растворенным в зеленом масле) наносят на изолированные поверхности слоем 10—15 *мм*, как обычную штукатурку.

Окрасочные составы изготовляют из этинолевого лака, смешиваемого с распушенным асбестом и пигментами-красителями, и наносят на огрунтованную тем же лаком поверхность в три слоя: первый слой — кистью вручную, последующие два — пистолетом-распылителем.

Сборные железобетонные конструкции, подвергающиеся интенсивным механическим воздействиям (сваи, трубы), а также изделия из пористых материалов (асбестоцемента, известняка, туфа, бетона) предварительно пропитывают гидроизоляционными составами (нефтебитумом и др.).

§ 3. ЛИТАЯ АСФАЛЬТОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ И ШТУКАТУРКА

Литую асфальтовую изоляцию в виде сплошного водонепроницаемого слоя асфальтовой массы толщиной 10—15 *мм* создают на горизонтальных и наклонных (под углом не более 45°) поверхностях, а также устраивают в виде шпонок в щелях и температурно-усадочных швах.

Литую изоляцию наносят на поверхности бетонных, железобетонных и каменных конструкций. Ее используют в качестве подслоя или основания для устройства полов из паркета, кумароновой плитки и т. п. Деформируемые основания усиливают арматурой из стальной сетки.

Особое значение имеет герметизация швов и стыков наружных панельных стен, систематически подвергающихся увлажнению атмосферными осадками. Для этой цели используют различные герметики — гидроизоляционные материалы, обладающие пластичностью, эластичностью и хорошей адгезией к бетону. Полиизобутиленовые герметики выпускают в гильзах из стеклопластика, являющихся сменной частью пневматического шприца, с помощью которого стыки панелей заполняют герметиком. Перед закладкой в шприц гильзу с герметиком помещают в электрокалорифер или горячую воду для разогрева до 50—60° С. Обрабатываемый стык очищают от наплывов цементного раствора, грязи, снега, льда, просушивают и продувают сжатым воздухом. Герметик выдавливают

из шприца сжатым воздухом и нагнетают в стык между панелями, а затем разглаживают наконечником шприца или деревянной расшивкой.

Штукатурную асфальтовую изоляцию применяют для защиты конструкций от капиллярной влаги, а также там, где требуется повышенная прочность покрытия. Ее наносят в горячем состоянии при температуре 160—180° С и в холодном — в виде эмульсионных паст и мастик.

Горячие асфальтовые штукатурки приобретают гидроизоляционные свойства сразу после остывания, холодные — после высыхания. Асфальтовую изоляцию из горячих мастик наносят слоями толщиной 2—6 *мм* механизированным способом — асфальтометами с электробогревом сопла, работающими на сжатом воздухе давлением не менее 0,4 *Мн/м*^{2} (4 *ати*) (рис. XI.1, *г*). Мастику наносят полосами с нахлесткой до 150 *мм* (рис. XI.1, *д*). Сопло асфальтомета держат на расстоянии 50 *см* от обрабатываемой поверхности перпендикулярно к ней. Мастику доставляют к рабочему месту в бачках емкостью до 20 *л* на специальной тележке.

Холодную асфальтовую штукатурку из эмульсионных паст и мастик наносят диафрагмовым растворонасосом. Комплект машин состоит из смесительно-штукатурного агрегата, включающего растворосмеситель, диафрагмовый растворонасос, компрессор, шланги и комплект сопел (рис. XI.1, *е*). Таким агрегатом можно вести работы на высоте до 15 *м*. При большей высоте на люльке устанавливают дополнительный диафрагмовый насос для подкачки мастики.

Влажные и сырые помещения оштукатуривают теми же составами, но с примесью 3—4% цемента.

Применение холодной асфальтовой штукатурки упрощает, ускоряет и удешевляет устройство гидроизоляции.

§ 4. ОКЛЕЕЧНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

Оклеечная гидроизоляция — это сплошной водонепроницаемый ковер из рулонных или гибких листовых материалов, наклеенных в 1—4 слоя на изолируемые горизонтальные, наклонные и вертикальные поверхности специальными мастиками или клеями (рис. XI. 2, *а*).

Такую изоляцию устраивают при больших гидростатических напорах грунтовых вод. Для наклейки применяют мастики, соответствующие структуре рулонных материалов: битумные — для пергамина, руберойда, бризола; дегтевые — для толя, толя-кожи и др.; специальные клеи на эпоксидных смолах — для полихлорвиниловых и других пластмассовых рулонных и гибких листовых материалов.

Марки битумов для приготовления мастик выбирают в зависимости от температурных условий. Во всех случаях температура размягчения битума (во избежание оползания ковра) должна быть на 20—25° С выше температуры окружающей среды.

На горизонтальные и наклонные поверхности гидроизолирующий ковер наклеивают после высыхания грунтовки. На нее наносят первый слой битумной мастики толщиной 1—1,5 *мм*, затем раскатывают рулон и закрепляют его, подклеив один из концов полотнища для фиксации нужного направления наклейки. После этого рулон свивают и, подливая мастику, снова постепенно раскатывают, наклеивая на основание, и уплотняют. При многослойной изоляции второй и последующие слои наклеивают в том же порядке, проверяя качество наклейки каждого предыдущего слоя. Швы между полотнищами очередных слоев смещают по отношению друг к другу на $^1/_2$ ширины полотнища.

На горизонтальные и наклонные поверхности длиной более 10 *м* рулонные материалы наклеивают с помощью специальных приспособлений (рис. XI. 2, *б, в*). В тихую погоду (или при работе в закрытом помещении) рулон раскатывают, закрепляют в заданном направлении и, пропуская через приспособление, передвигаемое по ходу раскатки, наклеивают и плотно прикатывают. В ветреную погоду закрепленное в нужном направлении полотнище свивают на металлическую ось в рулон и укладывают в гнезда на приспособлении, перемещая которое ведут наклейку и прикатку.

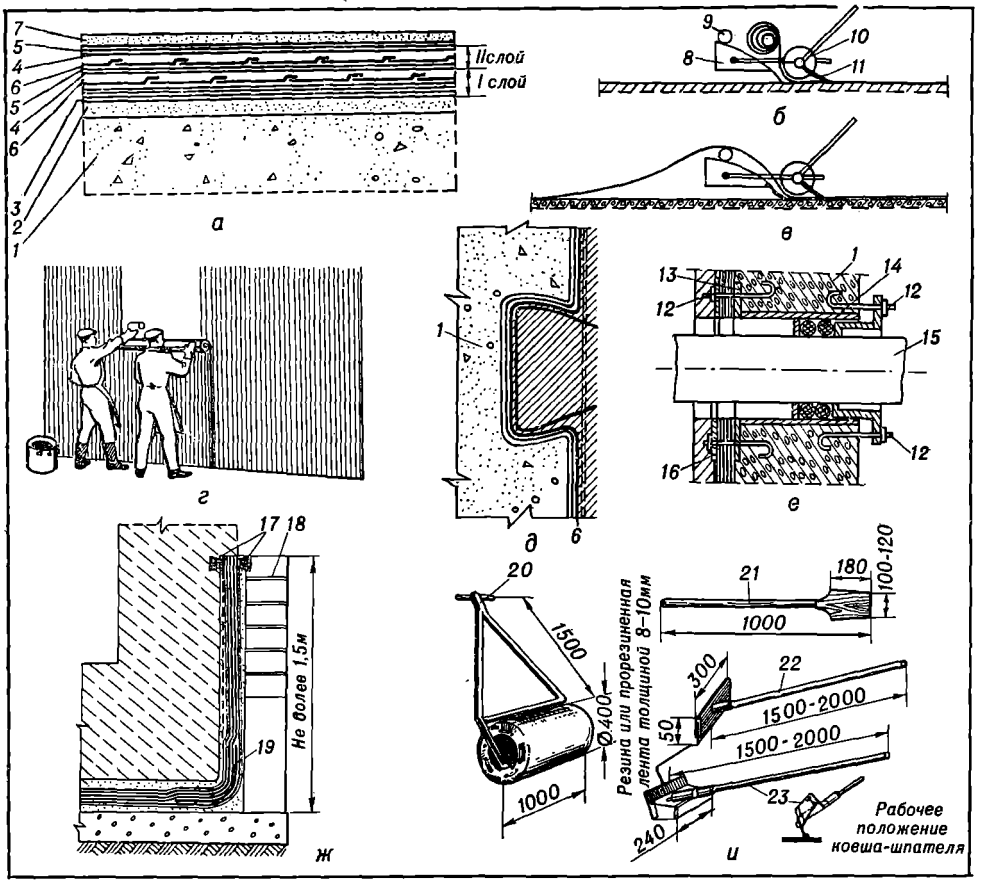


Рис. XI.2. Устройство оклеечной гидроизоляции:

а — порядок наклейки рулонов; *б*, *в* — наклейка рулонов приспособлением К. И. Вержбицкого (в ветреную и безветренную погоду); *г* — вертикальная наклейка; *д* — крепление гидроизоляции в пазу; *е* — сопряжение гидроизоляции при пересечении стен трубами; *ж* — крепление к защитной стенке; *и* — инструменты и приспособления; *1* — изолируемая конструкция; *2* — выравнивающая стяжка; *3* — грунтовка; *4* — покровный слой; *5* — подклейка; *6* — рулоны; *7* — защитная стяжка; *8* — бачок с мастикой (секционный); 9 — направляющий валик; *10* — эластичный каток; *11* — шпатель; *12* — анкерные болты; *13* — закладная деталь; *14* — сальник; *15* — труба; *16* — накладка; *17* — рейки; *18* — защитная кирпичная стенка; *19* — металлический лист; *20* — каток; *21* — лопатка-шпатель; *22* — гребок; 23 — ковш-шпатель.

На вертикальные поверхности рулоны наклеивают участками-захватками высотой 1,2—1,5 *м* (рис. XI.2,*г*). Предварительно рулон раскраивают на соответствующие куски с учетом 15—20 *см* нахлестки, свивают в небольшие рулончики, укладывают в ящики-контейнеры, которые размещают вдоль фронта работ. Наклейку ведут снизу вверх, разглаживая и прикатывая рулоны в направлении от середины к краям. Кромки наклеенных рулонов хорошо прошпаклевывают и приглаживают. Проверив плотность наклейки, наносят отделочный слой горячей мастики толщиной 1—1,5 *мм*.

Устойчивость гидроизоляционного ковра на вертикальных поверхностях может быть нарушена вследствие пластического течения материала. Для предохранения от оползания гидроизоляционный ковер усиливают армированием, устройством защитной стенки или горизонтального паза по периметру изолируемого сооружения. Наклеив ковер, свободное пространство паза (рис. XI.2, *д*) заполняют бетоном.

Сопряжение гидроизоляционного ковра с трубами, пересекающими строительные конструкции, показано на рис. XI.2, *е*.

Сопряжение горизонтального и вертикального гидроизоляционных ковров на битумной основе, наклеиваемых на ограждающие конструкции, устраивают так. Свободные концы рулона после устройства горизонтального ковра выводят за пределы изолируемой поверхности и предохраняют от повреждений, возможных при возведении ограждающих конструкций: закрывают рулонными материалами, присыпают слоем песка толщиной 10—12 *см*, покрывают цементной стяжкой в 2—3 *см* или дощатым настилом. Перед наклейкой вертикального ковра временное защитное устройство снимают. Освобожденные концы рулонов очищают, наклеивают на стену, подливая мастику и уплотняя. После наклейки ковра устраивают защитную стенку из кирпича или бетона (рис. XI. 2, *ж*).

При изоляции внутренних поверхностей особо тщательно наклеивают рулоны в углах (иначе они могут порваться). В этих местах, а также при устройстве деформационных швов в качестве компенсаторов укладывают стальные листы толщиной 0,6 *мм*, изогнутые по профилю защищаемой конструкции (или температурно-усадочных швов). Сопряжение гидроизоляционного ковра стен и покрытий выполняют, выводя концы на покрытие или прикрепляя их к деревянным антисептированным рейкам, замоноличенным в основной или защитной стенках.

Перед наклейкой пластмассовой изоляции из пленок особое внимание уделяют подготовке поверхности (см. с. 331) для обеспечения требуемой адгезии. Наклейку ведут на синтетических клеях и смолах. Пленочный винипласт на горизонтальные поверхности наклеивают перхлорвиниловым клеем (10—12%-ный раствор перхлорвиниловой смолы в дихлорэтане), а на вертикальные — пастой, приготовленной из синтетического каучука, растворителя и бентонитовой глины.

Устройство оклеечной гидроизоляции весьма трудоемко, поскольку основные операции приходится выполнять вручную. На рис. XI. 2,*и* показаны некоторые инструменты, применяемые при выполнении гидроизоляционных работ.

§ 5. ЖЕСТКАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ

Цементно-песчаная гидроизоляция слоем толщиной до 25 *мм* после затвердения прочно сцепляется с изолируемой поверхностью. Цемент и песок берут в соотношении 1 1, 1 2, 1 3. Такую гидроизоляцию устраивают двумя способами: торкретированием и оштукатуриванием.

Торкрет-покрытия*, отличающиеся высокой прочностью и устойчивостью (и в то же время хрупкостью), устраивают при гидростатических давлениях грунтовых и других вод 0,6—0,8 *Мн/м*^{2} (6—8 *ати*).

Метод торкретирования наиболее эффективен при массовом производстве работ. Подготовленную для изоляции поверхность делят на захватки, соответствующие сменной производительности торкрет-установки. Смесь наметывают слоями по маякам полосами шириной 40—50 *см* и толщиной 5—10 *мм*, если она приготовлена на портландцементе, и 6—12 *мм* — на безусадочном цементе. Каждый намет на границах захваток сводят на нет полосой шириной 20—30 *см*, а край изоляции при прекращении работ — на 1—1,5 *м*. Наметы наносят последовательно в пределах каждой захватки до проектной толщины (перекрывая на предыдущей захватке полосу, сведенную на нет) с интервалом времени, обусловленным периодом схватывания цемента (водонепроницаемого безусадочного — через 30 *мин*; портландцемента — после окончания схватывания).

Обычные цементные штукатурки применяют для защиты фундаментов глубокого заложения, подземных частей зданий и сооружений, резервуаров для воды, нефтепродуктов и других сооружений, не подверженных динамическим нагрузкам и испытывающих давление грунтовых вод не более 0,5 *Мн/м*^{2} (5 *ати*). При этом используют

* Технология производства работ по устройству торкрет-штукатурки подробно изложена в разд. VII, с. 219.

водонепроницаемый безусадочный цемент (ВБЦ), водонепроницаемый расширяющийся цемент (ВРЦ) и портландцемент с противоусадочными и уплотняющими добавками (церезит, алюминат натрия, гидроксид железа, латексные и битумные эмульсии, жидкое стекло и др.).

Обычные штукатурки чаще всего приготовляют на портландцементе с добавками или без них. Добавки алюмината натрия и гидроксида железа особенно целесообразны при высокой относительной влажности окружающей среды — более 75%. Штукатурки с такими добавками быстро твердеют и обладают повышенной стойкостью против размыва водой. Их применяют для заделки фильтрующих воду трещин, каверн и других дефектов в железобетонных и бетонных конструкциях, полах, санитарных узлах, банях и т. п. Другие добавки применяют после полного высыхания и твердения гидроизоляционных покрытий. Ответственные места, а также углы сооружений штукатурят по арматурным проволочным сеткам или стеклоткани, предварительно пропитанной нефтебитумом. Сетки крепят к специальным стержням-крючьям в конструкциях.

Уход за готовым цементно-песчаным покрытием состоит в увлажнении его безнапорной струей воды: при портландцементе через 12 *ч* после укладки — два-три раза в сутки на протяжении двух недель; при водонепроницаемом безусадочном цементе — через 2 *ч* после укладки, а затем через каждые 3 *ч* в течение суток. Цементно-песчаные покрытия надо оберегать от ударов и сотрясений. Иногда, в соответствии с требованиями проекта, поверхность цементно-песчаных покрытий делают особо гладкой и плотной — ее *железнят* (металлической гладилкой втирают сухой цемент в свежую, достигшую 70% проектной прочности штукатурку).

Листовые гидроизоляционные покрытия — это сплошные (сварные) водонепроницаемые ограждения строительных конструкций из стальных или пластмассовых листов.

Стальные листы применяют при больших гидростатических напорах, когда надо обеспечить постоянную сухость помещений в условиях высоких температур и динамических нагрузок, а также в небольших помещениях, имеющих сложную конфигурацию,— например в насосных станциях, заглубленных котельных и т. п.

Металлическую изоляцию из стальных листов толщиной 2—4 *мм* и более устраивают изнутри или снаружи сооружений (рис. XI.3, *а,б*). Листы сваривают и с помощью закладных частей и анкеров крепят к изолируемой конструкции. Для предохранения от коррозии открытую поверхность грунтуют и окрашивают в два слоя антикоррозионными красками. Стыки между металлической и оклеечной изоляциями выполняют с помощью винтовых анкерных зажимов, обеспечивающих герметичность соединения. При пропуске труб через металлическую изоляцию их приваривают сплошным швом к листам изоляционного покрытия (рис. XI.3, *в*).

Пластмассовые — поливинилхлоридные (винипластовые) — покрытия применяют главным образом для защиты конструкций от агрессивных сред (резервуары и др.).

Гидроизоляцию из пластмассовых листов выполняют сваркой листов, выкроенных по форме изолируемой конструкции (рис. XI.3, *г*). Весьма ответственными элементами в этих случаях являются деформационные швы, которые должны компенсировать температурную деформацию сопрягаемых строительных конструкций и обеспечивать плотность соединений. При небольших взаимных смещениях конструкций и неширокие (15—20 *мм*) швах листы поливинилхлорида (винипласта) на расстоянии 100 *мм* по обе стороны от стыка не приклеивают, но для большей надежности покрывают на эту ширину (200 *мм*) листом из того же материала, приваривая его только с одной стороны шва. При меньшей ширине швов и небольших смещениях конструкций пластмассовые изоляционные покрытия усиливают алюминиевыми листовыми прокладками (рис. XI.3, *д,е*), а свободное пространство между конструкциями заполняют битумной или другой специальной мастикой. В широких швах (более 40 *мм*)

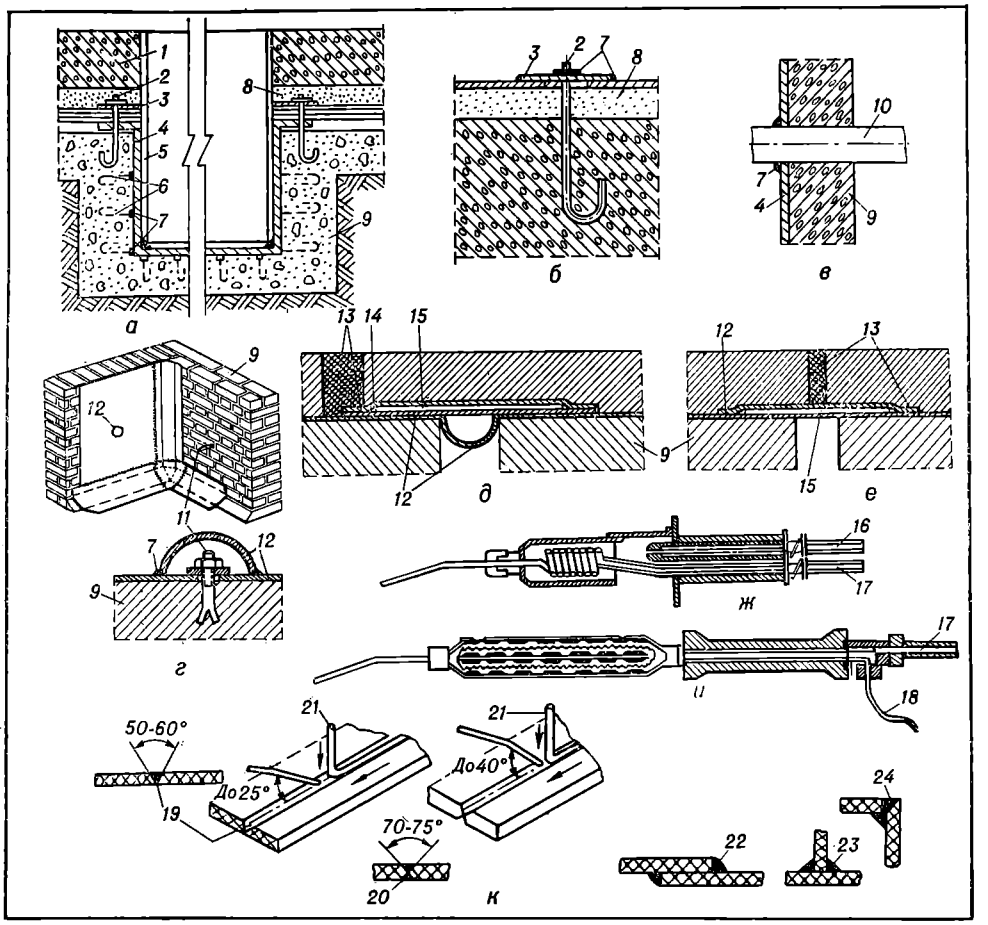


Рис. XI.3. Листовая гидроизоляция:

стальная: *а* — сопряжение с оклеечной; *б* — крепление анкерами; *в* — пересечение с трубами; поливинилхлоридная: *г* — покрытие стен и углов; *д*, *е* — перекрытие деформационных швов; *ж*, *з* — сварочные горелки (газовая и электрическая); *к* — технологические схемы сварки поливинилхлорида; *1* — фундаментная плита; *2* — анкерные болты (через каждые 300 *мм*); *3* — накладки; *4* — стальные листы; *5* — окрасочное покрытие; *6* — анкерные скобы (через 300 — 500 *мм* в шахматном порядке); *7* — электросварной шов; *8* — цементный раствор; *9* — изолируемые конструкции; *10* — труба; *11* — болт для крепления листов поливинилхлорида; *12* — поливинилхлорид; *13* — мастика; *14* — покрытие; *15* — алюминиевые прокладки; *16* — подводка газа; *17* — то же, воздуха; *18* — электрический кабель; *19* — сварка встык V-образным швом листов толщиной до 5 *мм*; *20* — то же, более 5 *мм* X-образным швом; *21* — присадочный пруток; *22* — *24* — соединения внахлестку, тавровое, угловое.

при значительных взаимных перемещениях конструкций, кроме такого усиления, основной лист поливинилхлорида в пределах шва укладывают в виде компенсационной петли.

При укладке листы винипласта легко обрабатываются столярными инструментами: их можно пилить, строгать, сверлить. Таким листам, подогретым до температуры размягчения, придают любую форму: изгибают их в виде цилиндра, короба, под углом 90° и т. д.

Перед использованием листы очищают, раскраивают, формуют и готовят кромки под сварку. У тонких листов (до 5 *мм*) кромку скашивают под углом 25—30°, у более толстых — под 35—40° (в первом случае имеет место V-образный шов, во втором— X-образный).

К подготовленным (очищенным, выровненным, просушенным) изолируемым поверхностям листы приклеивают клеем ПХ. Подогретый не более чем до 40° С клей наносят на изолируемую поверх-

ность тонкими пленками в четыре слоя, тщательно просушивая каждый из них. Последнему слою дают просохнуть в течение 20 *мин*, затем тщательно наклеивают листы, предварительно протерев их метиленхлоридом или дихлорэтаном. Через несколько суток кромки листов сваривают газовыми или электрическими горелками (рис. XI. 3, *ж*, *и*) в струе горячего воздуха при температуре 200—220° С и давлении 0,08—0,1 *Мн/м*^{2} (0,1—1 *ати*).

При толщине листов до 5 *мм* горелку надо держать под углом к свариваемым листам не более 25°, а при большей толщине листов — до 40° (рис. XI.3, *к*). В процессе сварки присадочный пруток удерживают вертикально, осаживая его по мере размягчения так, чтобы обеспечить плотное заполнение шва. Светлая окраска шва свидетельствует о хорошем его качестве, темно-коричневая — о пережоге материала. Дефектные участки швов вырезают и заваривают вновь.

§ 6. АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА

Различают такие основные виды антикоррозионной защиты: футеровку; гуммирование; газопламенное напыление; гидрофобизацию и металлизацию.

Футеровка, выполняемая штучными материалами — кирпичом, блоками и т. п., отличается от обычной кладки тем, что она обладает значительно более высокой плотностью. Достигается это особо тщательной перевязкой и заделкой швов между кладочными материалами. Эти материалы должны иметь положительную температуру, быть сухими, чистыми, без трещин и поврежденных кромок и углов; жидкое стекло процеживают через сито.

Большое внимание уделяют устройству подслоев под футеровку, обеспечивающих повышенную плотность и химическую стойкость покрытия. Подслои, не проницаемые для жидкостей и газов слабой концентрации, устраивают в виде *окрасочных* и *обмазочных изоляций* из битумных, дегтевых, полимерных и других кислотостойких материалов. При более агрессивной среде применяют *оклеечную изоляцию*, в том числе из полиизобутиленовых, винипластовых и других химически стойких полимерных материалов. Устройство таких подслоев аналогично устройству соответствующих видов гидроизоляционных покрытий.

Перед началом работ по футеровке на силикатных вяжущих изолируемую поверхность окрашивают с помощью кисти жидкой силикатной мастикой и просушивают 3—4 *ч* при температуре 25—20° С. Затем густую силикатную мастику шпателем или мастерком наносят на соприкасающиеся поверхности изолируемой конструкции и футеровочного блока и прижимают блок так, чтобы толщина швов была минимальной и одинаковой между всеми блоками. Излишек мастики, вытесненный прижатым блоком, удаляют, а поверхность заглаживают.

Различают однослойную и двухслойную футеровку. Последнюю выполняют так же, как и однослойную, принимая первый слой в качестве подслоя (основания). Перед эксплуатацией конструкции футеровку хорошо просушивают.

При футеровке на серном цементе между футеровочными штучными изделиями и основанием оставляют зазор 6—10 *мм*. Серный цемент для заполнения зазора расплавляют при температуре 130—135° С. Поверхность кирпича и плиток предварительно оклеивают бумагой, что препятствует вытеканию расплавленного цемента. Бумагу приклеивают жидким стеклом, а после остывания цемента отмачивают ее водой и удаляют.

При использовании замазки «арзамит» на ней ведут всю футеровку либо только ее наружный слой, соприкасающийся с агрессивной средой. Внутренний слой в этом случае кладут на силикатном вяжущем.

Кислотоупорные бетоны, используемые для футеровки, укладывают так же, как и обычные.

Особенно высокую герметичность футеровочные бетонные покрытия приобретают после наклеивания на их поверхность пластиков — листов поливинилхлорида (винипласта). Для этого к бетонным поверхностям предварительно крепят анкерами винипластовые полосы. Защищаемую поверхность

выравнивают слоем жирного цементного раствора толщиной 5—6 *мм* заподлицо с закрепленными в бетоне винипластовыми полосами. На высохший цементный раствор наклеивают, а затем приваривают к полосам карты винипласта размером 2—3 $м^2$.

При использовании для футеровки защитных асбовиниловых масс изолируемые поверхности после подготовки грунтуют лаком этиноль в один-два слоя. Затем наносят несколько слоев шпаклевки толщиной по 2—3 *мм*, делая для просушки каждого слоя перерывы продолжительностью 8—12 *ч*. Общая толщина покрытия составляет 10—12 *мм*. После просушки в течение 20—24 *ч* на это покрытие наносят два слоя лака этиноль: первый — только из лака, а второй — через 8—10 *ч* после первого с примесью порошкообразного кислотоупорного наполнителя. После окончания работ покрытие сушат.

Под сырой фаолит изолируемую поверхность предварительно хорошо очищают, обезжиривают, покрывают бакелитовым лаком и высушивают. Затем наносят слой сырой фаолитовой массы и после ее затвердения снова покрывают тонким слоем бакелитового лака. Готовое покрытие в течение 30 *ч* сушат воздушной струей при 120—130° С.

Гуммирование поверхностей осуществляют сырой рулонной резиной, резиновыми клеями, синтетическим каучуком, нейритом и тиоколовым герметиком с последующей вулканизацией покрытия.

Гуммирование сырой резиной выполняют так. Очищенную и обезжиренную поверхность сначала грунтуют, т. е. наносят на нее тонкий слой резинового клея, затем покрывают рулонной сырой резиной и подвергают тепловой обработке (вулканизируют). Резина при этом образует сплошное покрытие толщиной 2—4 *мм* (в зависимости от толщины листов сырой резины).

При другом способе на просохшую грунтовку из резинового клея последовательно (с интервалом 45—50 *мин*) краскораспылителем наносят 15—20 слоев растворенной в бензине сырой резины общей толщиной 12—20 *мм*. Законченное покрытие вулканизируют.

Так же производят гуммирование и другими материалами.

Исключение составляет тиоколовый герметик, который бывает густой или жидкой консистенции. Густой герметик наносят шпателем по пять-шесть слоев, каждый толщиной 3 *мм*, разжиженный — слоями меньшей толщины кистью. Интервал между нанесением слоев — 20—24 *ч*. Готовность покрытия к эксплуатации при комнатной температуре достигается через 4—5 суток.

Газопламенное напыление производят порошкообразным термопластом, который наносят на поверхность, нагретую до 100—180° С, специальной форсункой через воздушно-ацетиленовое пламя под давлением сжатого воздуха. Порошок термопласта при этом расплавляется и при ударе о поверхность уплотняется, образуя сплошное покрытие. Напыление делают тонкими слоями с интервалом 20—40 *мин*.

Для подогрева поверхности используют те же горелки, что и для напыления. Иногда подогрев заменяют алкидностирольной грунтовкой или слоем специального лака.

Гидрофобизацию применяют для защиты бетонных, железобетонных и оштукатуренных поверхностей от воздействия влаги. Для этого используют чаще всего кремнийорганическую эмульсию, которая после высыхания образует прочную водостойкую пленку.

Перед нанесением эмульсии поверхности очищают, выравнивают или штукатурят и дают им просохнуть. Гидрофобный водный раствор наносят краскораспылителем в два-три слоя с небольшими перерывами.

Защитные свойства покрытий (штукатурок) пористых материалов повышают иногда **флюатированием** — последовательной пропиткой их поверхностей растворами магниевых флюатов с помощью распылителей (до прекращения впитывания). Раствор наносят с интервалом 2—4 *ч* при последовательном повышении концентрации с 3 до 6, 8 и 12%.

Металлизация заключается в нанесении антикоррозионного покрытия на

предварительно подготовленную поверхность стальных изделий распылением расплавленного цинка струей воздуха.

Подготовка поверхностей заключается в очистке ее металлическим «песком» с зернами размером 0,5—2,5 *мм*, производимой специальными герметическими пескоструйными установками.

Антикоррозионные покрытия наносят электрическими аппаратами-металлизаторами, в которых цинковая проволока расплавляется под действием электрической дуги.

Сварные швы и прилегающую часть цинкового покрытия, поврежденного при монтажной сварке, очищают и с помощью переносного газопламенного металлизатора оцинковывают вновь.

Глава 2

ТЕПЛО- И ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На устройство тепло- и звукоизоляции расходуется от 1 до 3% общей стоимости строительно-монтажных работ.

Теплоизоляция различных ограждающих конструкций должна способствовать обеспечению заданных тепловых режимов зданий, сооружений и установок.

Теплоизоляционные материалы и конструкции из них в соответствии с требованиями, обусловленными назначением покрытий, должны иметь объемную массу для промышленного оборудования и трубопроводов — не более 400—500, а для ограждающих конструкций зданий — не более 700 *кг/м*^{3} и коэффициент теплопроводности для горячих поверхностей со средней температурой до 200° С — не более 0,09, а для поверхностей с отрицательными температурами — до 0,058—0,081 *вт/(м* ° С) [0,05—0,07 *ккал/(м* × × *ч* · ° С)]. Кроме того, теплоизоляционным материалам должна быть свойственна высокая огне- и температуроустойчивость, достаточная механическая прочность, низкая водопоглощаемость, биостойкость, антикоррозионность, воздухо- и газоводонепроницаемость. Как и все материалы и конструкции, они должны быть индустриальными и экономичными.

В зависимости от расположения и условий эксплуатации объектов тепловую изоляцию устраивают внутри или снаружи зданий и сооружений. Изоляционные покрытия наносят на горячие и холодные поверхности.

По составу теплоизоляционного слоя различают простые и композиционные покрытия. Простая изоляция состоит из одного основного теплоизоляционного материала, композиционная — из нескольких.

Все теплоизоляционные покрытия состоят из таких элементов: *антикоррозионного слоя*, предохраняющего изолируемые поверхности от действия агрессивной среды; *теплоизоляционного слоя* (простого или композиционного); *деталей крепления* — каркаса, сетки, шпилек, бандажей и т. п.; *покровного защитного слоя*, предохраняющего изоляцию от механических повреждений; *паро-* и *гидроизоляционного слоев*, предохраняющих от увлажнения; *оклейки*, *обшивки* и *окраски*, увеличивающих механическую прочность изоляции и придающих ей нужный цвет и хороший внешний вид.

Процесс теплоизоляции можно выполнять непосредственно на возводимых объектах, но это связано с большими затратами ручного труда. Поэтому в современном строительстве налажено изготовление теплоизоляционных покрытий в виде сборных элементов на заводах стройиндустрии, что значительно повысило производительность труда.

По способу и технологии монтажа, зависящим от физических свойств, формы и структуры применяемых материалов и изделий, теплоизоляционные покрытия делят на:

засыпные — из волокнистых, порошкообразных, зернистых материалов;

мастичные — изготовляемые из порошкообразных, волокнистых и зернистых материалов, затворяемых водой с добавкой жидкого стекла;

литые — устраиваемые заливкой поверхностей жидкими растворами или бетонами;

обволакивающие — из гибких рулонных материалов, шнуров, полос, матов (из минерального войлока, камышита и др.), матрацев, полотнищ, а также альфоле-

в ы е — из тонкой алюминиевой фольги (гофрированной или гладкой);

с б о р н о б л о ч н ы е — устраиваемые из отдельных блоков, панелей и сборных формованных изделий;

в а к у у м н ы е, в которых вакуумированное пространство заполняют порошкообразным материалом.

Работы по устройству каждого из этих типов изоляции требуют **подготовки рабочих мест** и оснащения их в соответствии с ГОСТ и ТУ материалами, механизмами, приспособлениями и инструментами.

Подготовка поверхностей (см. с. 331) состоит из очистки их от грязи и ржавчины, нанесения грунтовки и сушки, а также установки крепежных деталей — шпилек, анкеров, бандажей и пр. На вертикальных поверхностях, кроме того, устанавливают опорные разгрузочные пояса из полосовой и угловой стали, что уменьшает усадку изоляционных материалов. Поверхности конструкций, в том числе и монтажные швы, выравнивают, срезая бугры и заделывая неровности, затем сглаживают углы, антисептируют и устанавливают крепления.

После такой подготовки на изолируемые поверхности укладывают элемент теплоизоляционных покрытий и закрепляют их, а потом наносят защитные слои, которые склеивают и окрашивают.

На металлические поверхности теплоизоляционное покрытие наносят после устройства антикоррозионного подслоя, а на конструкции зданий холодильников, машинных залов электростанций — паро- и гидроизоляции.

Теплоизоляцию оборудования устраивают после его гидравлического или пневматического испытания, а холодильников — до заполнения хладоагентом.

Звукоизоляция предназначается для защиты конструкций зданий от распространения воздушных и материальных (ударных) звуков.

Источником в о з д у ш н ы х з в у к о в являются шумы, вызываемые разговорами, радиовещанием, музыкой, движением транспорта и пр.

Воздушные звуки проникают в помещения через сквозные поры в материале ограждений, неплотности сопряжений, сквозные щели, трещины, а также вследствие упругих колебаний ограждений (типа мембранных колебаний), возникающих под действием звуковых волн.

М а т е р и а л ь н ы е з в у к и возникают на поверхности ограждений в результате механических воздействий и передаются в соседние помещения по телу ограждений.

Для защиты от распространения звуков используют различные конструктивные и технологические средства.

К конструктивным мерам относится подбор для ограждений материалов с минимальным количеством сквозных пор и различным сопротивлением прониканию звуков. С этой целью устраивают многослойные пористые конструкции с применением упругих материалов. Чем значительнее разница между звуковыми сопротивлениями слоев, тем более звуконепроницаемо ограждение.

В процессе строительства не допускают образования неплотностей в сопряжениях элементов.

Защитное действие от транспортного и другого шума оказывают такие архитектурно-планировочные и организационные решения, как озеленение жилых и промышленных кварталов, регулирование транспортных потоков и снижение шумности транспорта, усовершенствование типов дорожных покрытий, увеличение расстояний между жилыми зданиями и проезжей частью улиц и др.

К технологическим мероприятиям относят высококачественное изготовление конструкций и меры по предупреждению и ликвидации различных неплотностей в сопряжениях ограждений, а также трещин и щелей в них.

§ 2. ЗАСЫПНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Для засыпной изоляции строительных ограждений используют стеклянную или минеральную вату, диатомовую крошку, перлитовый песок. Устраивают ее по горячим или холодным поверхностям поверх металлических сеток, которые крепят к заранее установленным шпилькам диаметром 3 *мм* и высотой, соответствующей заданной толщине изоляции, с припуском 30—35 *мм*. Шпильки устанавливают в шахматном порядке с интервалом 350 *мм*. По ним натягивают и закрепляют металлические сетки из проволоки диаметром 1,2 *мм* с ячейками 15 × 15 *мм*.

Пространство между изолируемой поверхностью и сеткой заполняют теплоизоляционным материалом. Засыпку ведут участками, послойно, снизу вверх по ширине натянутой сетки. Каждый слой слегка уплотняют деревянной трам-

бовкой. После окончания засыпки всю поверхность сетки покрывают слоем цементно-песчаного или другого раствора толщиной 20 *мм*, оклеивают тканью и окрашивают.

Достоинством засыпной изоляции является простота ее устройства. Недостатки — непостоянный объем изоляции и оголение верхних частей заизолированных поверхностей ввиду осадки и уплотнения с течением времени нижележащих слоев, а также неустойчивость против вибрации и малая механическая прочность.

§ 3. МАСТИЧНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Мастики для изоляции приготовляют из асбозурита, новоасбозурита, асботрепела, совелита, ньювеля и других порошкообразных, зернистых и волокнистых материалов. Мастики должны быть однородны, пористы и пластичны. Однородность обеспечивается тщательным перемешиванием смеси, а пористость и пластичность зависят от количества воды, взятой для затворения.

Для приготовления мастик из асбозурита и новоасбозурита берут от 160 до 180% воды по отношению к массе сухого материала; из совелита — от 250 до 300, из ньювеля — от 300 до 350%.

При использовании асботрепельных материалов к ним добавляют известь (5% их массы). Это увеличивает пористость, снижает усадку, объемную массу и коэффициент теплопроводности изоляции.

Мастику приготовляют в растворосмесителях и наносят на сетку из оцинкованной проволоки диаметром до 2 *мм*, прикрепляемую к поверхности изолируемых конструкций заранее приваренными к ним металлическими шпильками. Если приварить шпильки невозможно, изоляцию крепят стяжными кольцами, проволочными скрутками, бандажами и полосами.

Мастичную теплоизоляцию наносят только на разогретую до проектной температуры поверхность. Первый слой толщиной не более 5 *мм* из жидкой асбозуритовой или асбестовой мастики наносят набрызгом. После его высыхания набрасывают «шлепками» основной изоляционный покров, который уплотняют и заглаживают до толщины, на 10 *мм* меньше требуемой. Последний слой наносят под рейку, поверхность выравнивают полутерком. Затем изоляцию выравнивают более густой мастикой (слоем от 5 до 20 *мм*): при малых объемах работ — вручную полутерком и металлической гладилкой, а при больших — с помощью различных изоляционных машин. После полного просыхания изоляцию оклеивают и окрашивают.

Преимущества мастичной изоляции: простота устройства и ремонта, монолитность, возможность производить работы на поверхностях любой конфигурации. Недостатки: большая трудоемкость и длительность производства работ, необходимость нагрева поверхностей, нестабильность свойств изоляции.

§ 4. ЛИТАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Этот вид изоляции выполняют обычно из пенобетонной ячеистой массы при возведении промышленных печей, монтаже котлоагрегатов и холодильников. Ее наносят на горячие и холодные поверхности вручную или пневматическим инструментом.

Изоляционный состав (пенобетон) приготовляют из цементного раствора и пеномассы в специальном смесителе. Готовую массу транспортируют к месту укладки, не допуская встряхивания, укладывают в опалубку слоями проектной толщины и высотою 25 *см*, разравнивая деревянной гладилкой. После этого кельмой разделывают швы и заглаживают неровности. Уложенный слой смачивают водой два — четыре раза в день (в зависимости от погоды) и укрывают матами или рогожами. После приобретения пенобетоном проектной прочности его покрывают цементной стяжкой, по которой наклеивают гидроизоляционный ковер.

Литую изоляцию чаще всего наносят методом торкретирования по арматурной сетке из 3—5-миллиметровой проволоки с ячейками 100 × 100 *мм*. Слой получается равномерным, заданной толщины и конфигурации, плотно прилегающим к изолируемой поверхности, без трещин, раковин и других дефектов.

Торкретируют при температуре не ниже +10° С и выдерживают не менее пяти суток (до полного схватывания и частичного твердения массы).

Простота устройства, монолитность, высокая механическая прочность — достоинства литой теплоизоляции. Ее недостатки — повышенный расход теплоизоляционных материалов, большая продолжительность процессов устройства и выдержки изоляции; невозможность производства работ при низких температурах.

§ 5. ОБВОЛАКИВАЮЩАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Для устройства изоляции используют гибкие рулонные материалы и изделия. Требуемую жесткость покрытия обеспечивает несущий каркас. В зависимости от вида применяемых материалов, их формы и размеров, а также особенностей изолируемых конструкций и условий их эксплуатации в качестве арматуры для каркаса используют металлические шпильки, плетеные сетки, деревянные антисептированные рейки и др.

Минеральный войлок насаживают на приваренные шпильки и плотно прижимают к изолируемой поверхности.

При устройстве однослойной изоляции поверх войлока укладывают оцинкованную металлическую сетку и закрепляют ее шпильками или проволочной вязкой. Продольные и поперечные швы сетки прошивают оцинкованной проволокой стежками размером 20—30 *мм*.

При многослойной изоляции по ее первому слою на таких же шпильках устраивают каркас из проволоки и укладывают по нему второй слой войлока, перекрывая внахлестку швы предыдущего слоя — до заданной толщины покрытия. Последний слой оштукатуривают, затем оклеивают и окрашивают. Если изолируют поверхности сооружений, которые в условиях эксплуатации будут иметь низкую температуру, поверх минерального войлока устраивают пароизоляционный слой из алюминиевой фольги или пергамина. Швы пергамина проклеивают битумом или идитоловым клеем. Таким же образом (но без пароизоляционного слоя) устраивают изоляцию из шевелина.

Камышитовую теплоизоляцию устраивают из камышитовых плит. Их укладывают между стойками каркаса из реек, зажимают в каркасе и прибивают к стойкам гвоздями с шайбами. Места примыкания плит к обвязке каркаса и все швы плотно проконопачивают. При изоляции кирпичных стен камышитовые плиты крепят проволочными скрутками диаметром 2 *мм*, которые закладывают в швы одновременно с кладкой. Между собой плиты скрепляют проволочной прошивкой, покрывают их пароизоляционным слоем и обшивают досками.

Альфолевое теплоизоляционное покрытие с воздушными прослойками устраивают по холодным и горячим поверхностям из гладкой, гофрированной, мятой и гранулированной алюминиевой фольги.

Холодные поверхности изолируют пакетами из гладкой или гофрированной фольги по обрешетке из деревянных или пластмассовых реек.

Пакеты, изготовленные в заводских условиях, представляют собой каркасы размером 1000 × 500 × 300 *мм* из стальной проволоки, заполненные листами фольги и оплетенные металлической сеткой, оклеенной гладкой фольгой на силикатном клее. Пакеты укладывают в ячейки обрешетки, крепят проволокой и штукатурят асбестоцементом или обшивают алюминиевыми либо асбестоцементными листами. По металлической обшивке устраивают противоконтактную прокладку из асбестовой бумаги толщиной 2—3 *мм*.

При изоляции горячих поверхностей применяют мятую или гранулированную фольгу в виде шариков, изготовляемых из отходов производства. Их засыпают вручную или пневматическим способом между изолируемой поверхностью и устанавливаемой перед нею сеткой или кожухом из стальных оцинкованных или алюминиевых листов толщиной 0,5 *мм*.

Преимущества обволакивающей изоляции: относительно высокая степень индустриальности, простота устройства,

возможность производства работы без подогрева поверхностей. Недостатки — неустойчивость при вибрации и непостоянство объема.

§ 6. СБОРНО-БЛОЧНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Сборно-блочную изоляцию из заранее отформованных изделий (кирпича, блоков, торфяных плит и пр.) устраивают по горячим и холодным поверхностям. Изделия укладывают на изолируемую поверхность (с перевязкой швов в рядах) на мастичной подмазке из асбозурита, имеющей коэффициент теплопроводности, близкий к коэффициенту самой изоляции, и обладающей минимальной усадкой и хорошей механической прочностью. Изделия из торфа (торфоплиты) и пробки укладывают на битуме или идитоловом клее. К плоским и криволинейным поверхностям теплоизоляционные изделия крепят стальными шпильками, заранее приваренными в шахматном порядке с интервалом 250 *мм*. Если установка шпилек невозможна, изделия крепят, как мастичную изоляцию. На вертикальных поверхностях высотой более 4 *м* устанавливают разгрузочные опорные пояса из полосовой стали.

В процессе установки изделия подгоняют друг к другу, размечают в них места для шпилек, где просверливают отверстия. Монтируемые элементы закрепляют шпильками или проволочными скрутками.

При многослойной изоляции каждый последующий слой укладывают после закрепления предыдущего с перекрытием продольных и поперечных швов. Поверхность слоев выравнивают, пользуясь ножовкой и рашпилем. Последний слой, закрепленный каркасом или металлической сеткой, выравнивают мастикой под рейку и после этого наносят штукатурку толщиной 10 *мм*. Оклейку и окраску выполняют после полного высыхания штукатурки.

Монтировать сборно-блочную изоляцию из неорганических изделий можно в любое время года, а из органических — лишь при благоприятных атмосферных условиях (тихая, безветренная погода, без осадков, при температуре не ниже 10° С).

Сборно-блочная изоляция индустриальна. Кроме того, к ее преимуществам относятся стандартность и сборность, высокая механическая прочность, возможность облицовки горячих и холодных поверхностей и др. Недостатки: многошовность и сложность монтажа при изоляции фасонных частей и криволинейных поверхностей конструкций.

§ 7. ВАКУУМНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Этот тип изоляции широко применяют в установках глубокого холода, аппаратах для хранения и транспортирования сжиженных газов и др. Такая изоляция может быть вакуумной, вакуумно-порошковой и вакуумно-многослойной.

Вакуумная, или высоковакуумная, изоляция основана на использовании малой теплопроводности вакуумированного пространства, заключенного между изолируемой поверхностью и окутывающим ее кожухом.

Достоинства такой изоляции — сравнительная простота и возможность контроля ее качества замером вакуума. Недостатки — большие потери тепла вследствие излучения и необходимость поддержания высокого вакуума.

В вакуумно-порошковой изоляции используется низкая теплопроводность находящихся в вакууме порошкообразных материалов — перлитовой пудры, аэрогеля кремниевой кислоты и др. Изолируемый сосуд помещают в высокопрочный стальной герметичный кожух и закрепляют с помощью специальных текстолитовых подушек и жестких связей. Межстенное пространство заполняют через специальные люки в кожухе порошкообразными материалами, а после заварки люков создают вакуум до 133 *н/м*^{2} (1 *мм рт. ст.*). С этой целью в кожухе устанавливают вакуумные вентили и специальные перфорированные трубки с фильтрами.

Вакуумно-порошковая изоляция по сравнению с вакуумной уменьшает теплопотери излучением, и это — ее основное преимущество.

Вакуумно-многослойная изоляция отличается от двух других тем, что при ее устройстве межстенное пространство заполняют несколькими теплоотражательными экранами из алюминиевой фольги

или полимерных пленок с металлизированной поверхностью и гибкими прокладками между ними из стекловолокнистых материалов. Такую изоляцию применяют главным образом при устройстве резервуаров, служащих для хранения дорогостоящих жидкостей (неона, дейтрита, водорода, гелия и др.), и в установках глубокого холода, хранилищах сжиженных газов и др.

§ 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ОТДЕЛКЕ ЗДАНИЙ

Одним из решающих условий, обеспечивающих надежную звукоизоляцию жилых, административных и других зданий, является высокое качество строительно-монтажных работ, т. е. соблюдение требований ТУ, СНиП и проекта. Отклонение от этих требований приводит, в частности, к образованию между сопрягаемыми элементами зданий неплотностей, для заделки которых (паклей, щебнем, цементным раствором, бетоном и т. п.) приходится затрачивать ручной труд.

Монолитность сопряжений может быть достигнута только точностью монтажа сборных конструкций, строгой их выверкой, качественным устройством стыков, а также тщательным выполнением каменной кладки стен и перегородок. В результате неравномерного заполнения швов в кладке, увеличения их толщины, несоблюдения правил перевязки и других отступлений от требований ТУ в кладке образуются сквозные труднообнаруживаемые щели, которые после оштукатуривания совсем скрываются. Сквозь них звуки почти беспрепятственно проникают с улицы и из одного помещения в другое.

Непосредственное примыкание к стенам зданий твердого покрытия улиц приводит к передаче в помещения вибраций, возникающих при движении транспорта и порождающих в зданиях дребезжание стекол, посуды и др.

Резко ухудшает изоляцию помещений небрежная заделка отверстий для трубопроводов и электропроводки. Неплотности в гильзах, патронах, футлярах с сальниками и т. п., используемых для пропуска труб и проводов сквозь ограждения, надо тщательно устранять. Устраиваемые в стенах ниши должны быть облицованы плитками по слою звукоизолирующего материала и затем оштукатурены.

Особой тщательности требуют работы по устройству перегородок. Места их сопряжения со стенами и перекрытиями должны быть проконопачены войлоком и заделаны раствором. В большие щели предварительно устанавливают антисептированные деревянные рейки. Затем с некоторым отступом от перегородок (стен) укладывают плинтусы, пришивая их к полу. Образовавшееся пространство заполняют упругим материалом — древесно-волокнистыми или асбестоцементными полосами, промасленной паклей и др. В двойных перегородках с воздушной прослойкой между обшивками не допускают засорения раствором или строительным мусором, ослабляющими эффективность воздушной прослойки, тщательно заделывают все неплотности.

При установке в перегородках и стенах дверных и оконных коробок неплотности и щели по периметру коробок законопачивают паклей, минеральным войлоком и др. Наличники дверей должны перекрывать швы между коробкой и телом перегородки на 3—4 *мм*. Швы между наличниками и перегородкой промазывают гипсовым раствором или шпаклевкой.

Большое внимание следует уделять качеству устройства междуэтажных перекрытий. Все швы между стеновыми панелями и плитами перекрытий заполняют раствором. Надо также строго соблюдать зазор между чистым полом и перегородками: укладка полов впритык способствует проникновению ударных звуков в несущие конструкции и по ним — в здание. Зазор заполняют мягкими древесно-волокнистыми или асбестоцементными полосами, паклей и т. п.

Интенсивность шума от лифтов, насосов и других санитарно-технических устройств во многом зависит от положения и способов закрепления агрегатов — источников шума от фундаментов и

шахт. Надо строго вертикально и прочно закреплять направляющие конструкции лифтов, применять прокладки и амортизаторы из упругих материалов, уменьшающих интенсивность распространения шума и вибрации.

Глава 3

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

Изоляционные работы выполняют как в процессе возведения конструкций, так и после окончания отдельных видов строительно-монтажных работ (кладки фундаментов, возведения стен подвалов, монтажа перекрытий, устройства днищ и стен резервуаров и др.). Их организуют отдельным специализированным потоком. Величину захватки принимают в зависимости от вида, объема, типа изоляции, условий организации рабочих мест и размещения комплектов машин, обусловленного интенсивностью ведущего потока. Технологическую карту производства работ на захватке разрабатывают для специализированного потока (на весь объект или его часть), учитывая необходимые технологические и организационные перерывы.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

При производстве гидроизоляционных работ при отрицательных температурах, особенно по устройству покрытий из холодных асфальтовых мастик, надо создать условия для нормального твердения покрытия. С этой целью подогревают компоненты мастик во время их изготовления и сами мастики (до 70—80° С) для пневматического распыления; предохраняют мастики от охлаждения при транспортировании и укладке; искусственно ускоряют высыхание нанесенного штукатурного слоя, обдувая его горячим воздухом или прогревая инфракрасными лучами, и т. п.

Помещения, в которых проводятся изоляционные работы, утепляют, поддерживая в них температуру не ниже $+10 \div 15°$ С. При защите конструкций химически стойкими лакокрасочными составами (кроме перхлорвиниловых) температура воздуха в помещениях должна быть не ниже $+18 \div 20°$ С.

При больших объемах работ в мастику при ее приготовлении вводят химические добавки, ускоряющие твердение изоляционного покрова (хлориды кальция и натрия, сульфат магния, этиленгликоль, денатурат, этиловый и изоаминовый спирты). Солевые добавки ускоряют твердение, но снижают водоустойчивость покрытия. Поэтому их не применяют при устройстве гидроизоляции, постоянно находящейся в воде. Более эффективны летучие спирты, обеспечивающие активное высыхание мастик на морозе, ускоряя испарение воды. Водоустойчивость покрытия при этом не снижается.

Антикоррозионные работы, исключая окраску перхлорвиниловыми составами, производят только при положительных температурах, не допуская замораживания защитных покрытий до их полного просыхания. Материалы для антикоррозионных работ применяют подогретыми до температуры защищаемых конструкций. Футеровать, облицовывать, красить или оклеивать промерзшие поверхности запрещается.

При выполнении теплоизоляционных работ мастики и растворы заготовляют в отапливаемых помещениях, а мастичную изоляцию наносят на горячие поверхности при температуре наружного воздуха не ниже $+15°$ С.

§ 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ИЗОЛЯЦИИ

Все строительные конструкции (их детали и отдельные узлы) должны быть полностью закончены и подготовлены

ко времени нанесения гидро- или теплоизоляционного покрытия. Качество подготовки и соответствие ее требованиям СНиП, ТУ и проекта фиксируются актом на скрытые работы.

Обмазочная и окрасочная гидроизоляции должны покрывать всю изолируемую поверхность плотным и равномерным слоем. Обнаруженные при осмотре вздутия, отслоения, трещины, пузыри, раковины и прочие дефекты расчищают и затем накладывают новую изоляцию.

В литой асфальтовой изоляции и асфальтовой штукатурке недопустимы какие бы то ни было дефекты. Все некачественно выполненные участки вырубают, тщательно очищают и вновь заделывают асфальтом.

В оклеечной изоляции проверяют плотность прилегания ковра к изолируемой конструкции, а также каждого изоляционного слоя к смежному. Отслоения и воздушные мешки между слоями недопустимы. Их обнаруживают простукиванием поверхности. Гидроизоляцию, имеющую такие дефекты, снимают и заменяют новой.

При устройстве жесткой листовой изоляции тщательно контролируют надежность анкерных и сварных швов. Плотность стыков (сварных и других) проверяют гидравлическим испытанием. При сдаче гидроизоляции и антикоррозионных покрытий предъявляют акты промежуточной приемки скрытых работ и данные о результатах лабораторных испытаний примененных материалов. В случае просачивания воды в изолированное помещение (сооружение) принимают меры к немедленному устранению дефектов в изоляции. Если повреждение изоляции произошло в результате неравномерной осадки конструкции, его устраняют после полного прекращения осадки.

При устройстве антикоррозионных покрытий особенно тщательно контролируют их плотность и непроницаемость, а при устройстве теплоизоляции — надежность установки крепежных деталей (шпилек, затяжных колец, бандажей и др.), толщину, равномерность и плотность антикоррозионных и пароизоляционных слоев, заданную плотность основного теплоизоляционного покрытия, надежность и жесткость крепления обволакивающих и сборных конструкций утеплителей, защитные слои изоляции. В журналах производства работ систематически фиксируют результаты лабораторных испытаний применяемых мастик, растворов, бетонов, а также температурные условия, в которых выполнялись работы.

При производстве любых строительно-монтажных и отделочных работ систематически контролируют выполнение всех конструктивных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение звукоизоляции. В актах на скрытые работы все это должно быть зафиксировано, и в частности приведены сведения:

о заделке, в соответствии с техническими условиями, стыков и мест сопряжений отдельных конструктивных элементов;

об укладке под лаги и полы упругих прокладок из материалов, предусмотренных проектом;

о наличии и правильности устройства поэтажных звукоизолирующих горизонтальных диафрагм в вертикальных шахтах и пазах стен для прокладки трубопроводов санитарно-технических систем и вертикальных диафрагм для изоляции соседних помещений;

об устранении неплотностей и щелей в сопряжениях дверных и оконных коробок с перегородками и стенами;

о заделке в перекрытиях, стенах и перегородках всех отверстий после прокладки труб санитарно-технологических систем и электропроводок.

§ 4. ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ

При выполнении гидроизоляционных работ особенно тщательно соблюдают меры, обеспечивающие безопасность приготовления и укладки горячих изоляционных составов.

Верх котлов для варки мастик и асфальтовой массы должен быть на высоте 1—1,2 *м* от поверхности земли. Разогретую мастику и асфальтовую массу

доставляют к рабочим местам в баках, плотно закрытых крышками и заполненных не более чем на $^3/_4$ емкости. Поднимать баки с горячей мастикой или массой по вертикали вручную запрещено.

Всех рабочих, занятых на приготовлении мастик и устройстве изоляции, специально инструктируют о способе загрузки материалов в котлы, о варке мастики, об опасности попадания воды в котлы и приемах разгрузки котлов, о переноске горячей мастики или асфальтовой массы и пр.

Рабочие должны иметь специальную обувь, исключающую ожоги, и носить брюки обязательно навыпуск. На работах, связанных с применением алюмината натрия и синтетических составов, рабочих обеспечивают резиновыми сапогами, фартуками, брезентовыми куртками и брюками (навыпуск), а также брезентовыми рукавицами и нарукавниками.

При пользовании асфальтометом нужно иметь шлемы с остекленными прорезями для глаз, а для работы с синтетическими красками и пульверизаторами — респираторы или противогазы. Прилипшую к рукам краску следует удалять растворителем, затем тщательно вымыть руки теплой водой и протереть их вазелином. Надо помнить, что ожоги от разогретой мастики трудно заживают, поэтому все требования по безопасному ведению изоляционных работ нужно соблюдать очень строго.

Производство антикоррозионных работ связано с использованием летучих и горючих материалов, способных в смеси с воздухом образовывать взрывоопасные смеси. Приготовлять, расфасовывать и хранить такие составы нужно в отдельных помещениях с огнестойкими перегородками, приточно-вытяжной вентиляцией, выносными выключателями электрической сети и арматурой во взрывобезопасном исполнении. Эти помещения оборудуют средствами для тушения пожара.

В закрытых помещениях, где производят антикоррозионные работы, нельзя пользоваться металлическими инструментами и иметь с собой металлические предметы: от случайного падения их может возникнуть искра.

В закрытых каналах, колодцах, сооружениях и аппаратах, где пары огнеопасных и токсичных растворителей могут достичь опасной для жизни концентрации, нужно работать в противогазах. Воздух, подаваемый на рабочие места, должен быть чистым. Его предварительно пропускают через фильтры либо подают шлангом, выведенным в зону свежего воздуха. Обувь должна быть резиновая.

На устройстве тепловой изоляции рабочие должны иметь индивидуальные средства защиты: резиновые перчатки для нанесения асбестоцементных растворов и мастик, вредно действующих на кожу; респираторы для работы с пылящими материалами; защитные очки (при обрызгивании мастикой горячих поверхностей, работе с минеральной ватой); предохранительные пояса при работе на высоте и др.

РАЗДЕЛ XII

ПРОКЛАДКА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Инженерными сетями *называют трубопроводы различного назначения, высоковольтные и слаботочные кабельные и воздушные линии электропередач и связи.*

Инженерные сети имеют нередко большую протяженность. На разных их участках состав и технология строительных процессов могут быть различными. При выборе методов производства работ следует исходить не только из конструктивных и строительно-технологических особенностей сетей, но и учитывать условия их строительства.

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ТРУБОПРОВОДОВ

Ежегодно в нашей стране строят десятки тысяч километров трубопроводов для подачи питьевой и технической воды, пара, воздуха, газа, нефти и различных промышленных продуктов и материалов, а также отвода ливневых, бытовых и производственных стоков. Подачу осуществляют под давлением, отвод — самотеком. Величина рабочего давления зависит от вида и физических свойств транспортируемой среды, назначения трубопровода, интенсивности и дальности транспортирования и ряда других факторов. Различают трубопроводы *высокого* — более 0,3 *Мн/м*^{2} (3 *ати*), *среднего* — более 0,005 *Мн/м*^{2} (0,05 *ати*) и *низкого давления* — до 0,005 *Мн/м*^{2} (0,05 *ати*).

По характеру работы трубопроводы подразделяют на *магистральные* (транзитные, сборные) и *распределительные*, а по месту укладки — на *внешние* и *внутренние*. Внешние трубопроводы в городских условиях прокладывают по уличным проездам, на промышленных площадках и в усадьбах, а в полевых условиях — по незастроенной местности. Внутренние трубопроводы устраивают внутри зданий.

Трубопроводы состоят из отдельных элементов — труб, фасонных частей, компенсаторов и арматуры. Компенсаторы и арматуру устанавливают в специальных сетевых сооружениях (нишах, колодцах). Соединения (стыки) труб должны быть плотными и надежными.

§ 2. ВИДЫ ПРОКЛАДКИ ТРУБ

Различают открытую, скрытую и закрытую прокладку труб.

Открытым способом трубы укладывают по существующим или специально возводимым строительным конструкциям (стенам, опорам, эстакадам или в проходных и полупроходных каналах и галереях). Доступ для осмотра труб в процессе производства работ и эксплуатации свободен. Высота прокладки труб определяется эксплуатационными требованиями и условиями строительства. Для трубопроводов, прокладываемых по стенам зданий, она колеблется в пределах 1,8—2,2 *м*, а по отдельным опорам — от 2,2 до 10 *м* и более.

Скрытая прокладка — это укладка труб в траншеях и непроходных каналах (в грунте или в строительных конструкциях зданий — стенах, подполье и т. п.). Доступ к трубам возможен во время строительства в любом месте, а во время эксплуатации — только после вскрытия соответствующих конструкций.

Закрытым способом трубы укладывают без вскрытия грунта — прокалыванием, продавливанием, горизонтальным бурением, щитовой или штольневой проходкой, а также под водой, в болотах и в других условиях, когда доступ к трубам после укладки невозможен или очень затруднен.

Глубина укладки труб любым способом зависит от гидрогеологических условий, рельефа местности, проектных уклонов, назначения трубопроводов, глубины промерзания грунтов, динамических нагрузок (при прокладке труб под дорогами и др.). Она устанавливается проектом обычно в пределах от 0,6—0,9 (газопроводы) до 5—6 *м* и более (фекальная, промышленная канализация, водоводы и др.).

Применяют различные способы крепления трубопроводов к опорным поверхностям. При открытой прокладке устраивают скользящие и неподвижные опоры, устанавливают подвески, крючья, хомуты и др. В траншеях (в сухих и плотных грунтах) трубы укладывают непосредственно на дно — естественное основание, а в более сложных гидрогеологических условиях устраивают искусственное основание.

Естественное основание планируют так, чтобы площадь опирания соответствовала центральному углу поперечного сечения трубы — 90°. Размеры траншей должны быть достаточными для беспрепятственного выполнения рабочими всех производственных операций по устройству трубопровода. С учетом этого, а также диаметра, длины монтажных заготовок и вида укладываемых труб и назначают габариты траншей.

Конструкция искусственных оснований (щебеночные и песчаные подушки, свайные опоры и др.) зависит от грунтовых условий и вида труб.

Каналы, галереи, компенсаторные ниши и колодцы сооружают из сборных железобетонных элементов и реже из кирпича.

На все трубопроводы (в зависимости от их назначения и вида прокладки труб) наносят антикоррозионные, теплоизоляционные и другие покрытия. Например, при открытой прокладке трубы окрашивают масляными красками, антикоррозионными лаками или другими составами. Трубы для транспортирования агрессивных сред защищают от коррозии изнутри, покрывая резиной (гуммирование), пластмассами, минеральными эмалями, цементным раствором и т. п. Укладывая трубы в траншеи, на дно водоемов, болот и т. п., их защищают специальной антикоррозионной изоляцией, тип которой выбирают исходя из коррозионной активности грунтов.

Теплоизоляционные покрытия назначают в зависимости от температуры транспортируемой среды, условий и вида прокладки труб.

Технология строительства трубопроводов зависит от их назначения и вида прокладки труб, от их материала, диаметра, толщины стенок, длины трубных заготовок, наличия на трубах готовой изоляции и ее вида, а также от обеспеченности строительства монтажными элементами заводского изготовления и других условий.

Для устройства трубопроводов применяют металлические трубы (стальные и чугунные) и неметаллические — асбестоцементные, керамические, стеклянные, железобетонные и пластмассовые — винипластовые, полиэтиленовые, стеклопластиковые, фаолитовые и др.

Стальные трубы нужны для устройства трубопроводов в условиях больших рабочих давлений, высоких температур, при больших статических нагрузках, а также в просадочных грунтах, при прокладке в болотах, по дну рек и т. п. Чугунные и неметаллические трубы применяют в менее сложных условиях эксплуатации и строительства и при невысоком рабочем давлении, а также для транспортирования агрессивных сред (стеклянные и пластмассовые трубы).

Трубы выпускают относительно небольшой длины: от 2 до 18 *м* (исключение составляют плоскосворачиваемые трубы, длина бухты которых достигает 100 *м*), в связи с этим строительство трубопроводов сопряжено с устройством большого количества стыков (от 60 до

500 на 1 *км* трубопровода), что затрудняет производство работ, замедляет и удорожает их. Поэтому трубы при укладке укрупняют в звенья, состоящие из двух-трех или большего числа труб. Это снижает трудоемкость монтажных работ в 2—4 раза. Укрупнение производят на заготовительных заводах, в мастерских, на полевых полустационарных базах или непосредственно у траншей.

§ 3. СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ И ЭЛЕМЕНТЫ ТРУБОПРОВОДОВ

Соединения труб бывают неразъемные — сварные и раструбные — и разъемные — фланцевые и муфтовые.

Сварные соединения (устройство их можно автоматизировать) дают высокопрочные, плотные и жесткие стыки. Сваркой соединяют стальные, стеклянные и пластмассовые трубы. Затраты труда на устройство сварных стыков невелики: например, при ручной сварке стальных труб диаметром 529 *мм* при толщине стенок 7—10 *мм* они составляют 1,27 *чел-ч*, а при автоматической поворотной сварке тех же труб — 0,22 *чел-ч* на один стык.

Раструбные соединения применяют для чугунных (водопроводных и канализационных), керамических безнапорных, железобетонных напорных и безнапорных, а также для пластмассовых труб. Это — прочные и плотные соединения.

На фланцах (надвижных или приварных) болтами соединяют различные трубы. Между фланцами устанавливают прокладки из листовых материалов — резины, паронита и др.

На муфтах (стальных, чугунных, алюминиевых, железобетонных, асбестоцементных и пластмассовых) соединяют металлические и неметаллические трубы. Муфты бывают на треугольной и метрической резьбе для устройства *резьбовых соединений*, а также гладкоточеные и с внутренними двумя буртиками для *надвижных стыков*. Применяют также раструбные муфты. Железобетонные (бетонные) трубы соединяют и «в четверть» (фальцевый стык) на цементном растворе или на мастичных жгутах из битумных и полимерных материалов.

Общий недостаток раструбных, фланцевых и муфтовых соединений — их относительно высокая трудоемкость.

При устройстве трубопроводов применяют различные фасонные части, компенсаторы, арматуру и контрольно-измерительные приборы.

Фасонные части и компенсаторы промышленность выпускает в сравнительно небольшой номенклатуре, главным образом для внутренних сетей (фитинги). Некоторые фасонные части и компенсаторы, особенно для труб больших диаметров, не выпускаемые промышленностью, изготовляют на заготовительных заводах строительных организаций.

В зависимости от вида применяемых труб и их диаметра на устройство 1 *км* внешней трубопроводной сети расходуют от 50 до 5000 *кг* различных фасонных частей, а на 1 *км* внутренних трубопроводов — от 18 до 60 *кг*.

Арматуру по ее назначению подразделяют на запорную, предохранительную, регулирующую и водоразборную, а **приборы и устройства** — на измерительные и контрольные.

§ 4. ИНДУСТРИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ТРУБОПРОВОДОВ

Устройство трубопроводов заключается в установке и сборке монтажных узлов — труб (или их звеньев, плетей), фасонных частей, компенсаторов и арматуры — в проектное положение. Чем крупнее монтажный узел, тем меньше монтажных стыков и относительно проще сборка трубопровода. Размеры монтажных узлов зависят от условий доставки их на объекты строительства и возможностей беспрепятственной установки в проектное положение.

Масса таких узлов для внешних трубопроводов в зависимости от применяемых труб может составлять от 400 до 7000 *кг*, а для внутренних — от 1,5 до 300 *кг*. Степень строительной готовности монтажных узлов должна быть как можно более высокой (рис. XII.1). Узлы комплектуют и испытывают на заводах и в необходимых случаях покрывают изоляцией или окрашивают. Для упрощения заготовитель-

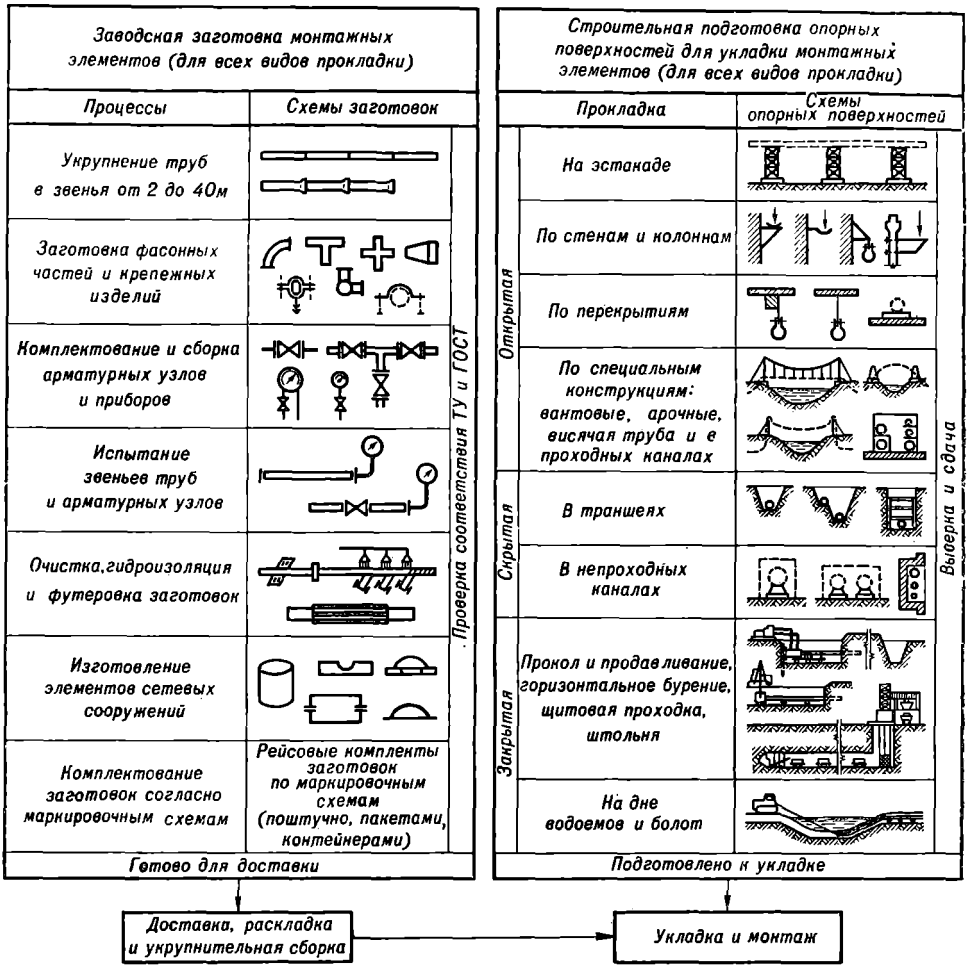


Рис. XII.1. Структура индустриальной технологии устройства трубопроводов.

ных и строительно-монтажных процессов монтажные элементы по возможности унифицируют и типизируют. При этом их соответствующим образом маркируют.

Для укладки и сборки монтажных элементов заранее подготовляют опорные поверхности несущих конструкций и основания (рис. XII.1).

Сущность индустриальной технологии прокладки труб заключается в централизованной заготовке монтажных элементов, доставке их в готовом для монтажа виде на объект строительства, предварительной подготовке опорных конструкций и оснований к укладке и поточной сборке систем трубопроводов. В связи с этим независимо от назначения трубопроводов ведущими процессами по их устройству является укладка и соединение монтажных элементов, т. е. их сборка по монтажно-маркировочным схемам (рис. XII.2).

Основные технико-экономические показатели сооружения трубопроводов — их стоимость, трудоемкость и сроки выполнения работ — зависят от общего уровня организации производства: применения методов научной организации труда (НОТ), освоения новых инстру-

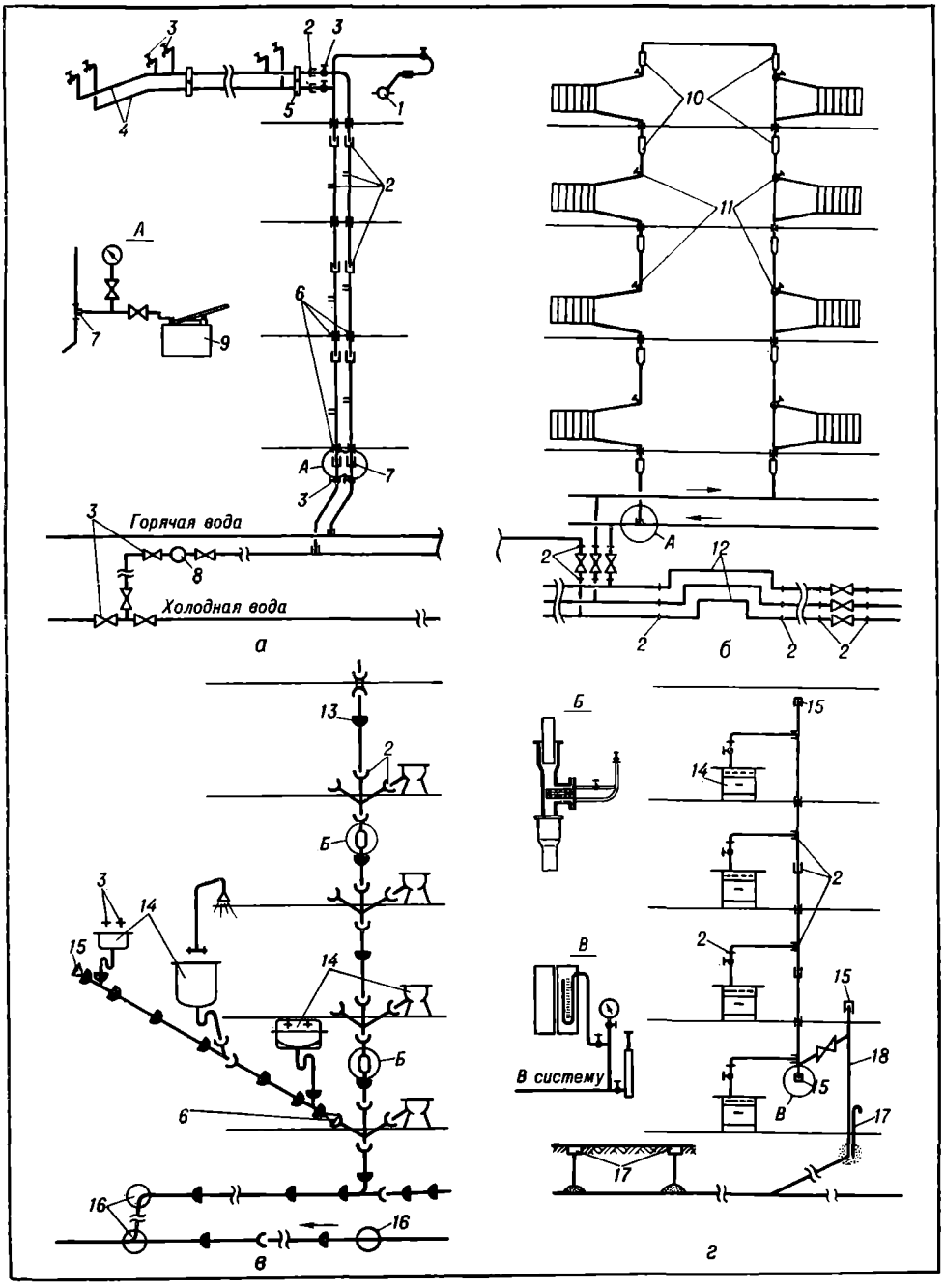


Рис. XII.2. Монтажно-маркировочные схемы и узлы испытания:

а — водоснабжения (горячего и холодного); *б* — отопления; *в* — канализации; *г* — газоснабжения; *1* — шаровой кран; *2* — монтажные стыки; *3* — водоразборные краны и задвижки; *4* — гребенка; *5* — крепления; *6* — гильзы; *7* — место подключения при испытании; *8* — водомер; *9* — ручной насос; *10* — компенсационные стаканчики; *11* — трехходовые краны; *12* — компенсаторы; *13* — заводские стыки; *14* — санитарно-технические и газовые приборы; *15* — заглушки; *16* — смотровые колодцы; *17* — контрольные трубки; *18* — дворовой газопровод; *А, Б, В* — узлы испытания.

ментов, приспособлений, более совершенных приемов труда и организации рабочих мест. Особое значение приобретают при этом наличие, степень оснащенности и уровень организации заготовительных предприятий, позволяющих повысить строительную готовность, размеры и качество монтажных элементов.

Глава 2

СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

Соединение труб состоит из таких основных процессов: подготовки труб и их торцовых частей к соединению, сборки стыков, их окончательной заделки и проверки качества.

Подготовка труб для создания плотного и надежного соединения заключается в отборе труб, элементов соединений и применяемых для их устройства материалов в соответствии с требованиями ГОСТ и ТУ Диаметры соединяемых труб и толщины их стенок должны быть одинаковыми. Отклонения от номинальных диаметров (овальность) труб допускаются, например, не более чем на 1—1,25% от стандартного размера, а в толщине стенок — на 12,5—15%. Перпендикулярность торцов к осям соединяемых труб проверяют по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Сборка стыков состоит из центровки соединяемых труб с целью точного совмещения их кромок при соблюдении установленного зазора между ними и совпадении их продольных осей и временного закрепления.

Центровку труб выполняют специальными зажимами или хомутами-центраторами (стальные трубы), рычажными и винтовыми домкратами (асбестоцементные трубы), клиньями (чугунные и железобетонные трубы), пеньковыми просмоленными жгутами (керамические трубы) и другими приспособлениями.

Временное закрепление состыкованных торцов труб создает условия для удобного и надежного соединения стыков.

§ 1. СВАРКА СТЫКОВ

Стальные трубы сваривают электродуговой ручной, полуавтоматической и автоматической сваркой под слоем флюса или в зоне защитных газов (например, CO_2), а также стыковой электроконтактной сваркой, электропрессовой с индукционным нагревом, газопрессовой и др. Стальные трубы малых диаметров (до 100 *мм*) и с тонкими стенками (до 3—4 *мм*), а также стеклянные трубы сваривают газовой ацетиленокислородной сваркой с присадкой (соответственно) стальных или стеклянных прутков, а пластмассовые трубы — струей горячего воздуха (до 220° С) с присадкой прутков из винипласта, полиэтилена и др.

Сварка стальных труб. При подготовке к сварке трубы размещают на специальных роликовых стеллажах (на заводах и заготовительных базах) или на подкладках (в полевых условиях), что обеспечивает требуемую соосность и прямолинейность свариваемых труб и предотвращает «излом» оси в стыках. Затем шаблоном и специальным угольником с делениями проверяют калибровку торцов, т. е. их цилиндричность с соблюдением допусков, а также угол их скоса (8—35°) и величину притупления кромки (от 2 до 3 *мм*). Угол скоса зависит от метода сварки труб и толщины стенок труб. Например, при газопрессовой сварке труб с толщиной стенок до 6 *мм* угол скоса не должен превышать 8—10°; при толщине стенок 7—10 *мм* и ручной дуговой сварке — до 35°.

Фаски и прилегающую к ним наружную и внутреннюю поверхности труб зачищают напильником или карборундовым камнем до металлического блеска на ширину не менее 10—15 *мм*.

После этого приступают к сборке стыков с помощью центраторов (рис. XII.3,*а*—*г*). Сцентрованный стык в зависимости от диаметра труб закрепляют тремя — пятью прихватками (рис. XII.3,*д*,*е*). Длина каждой прихватки не

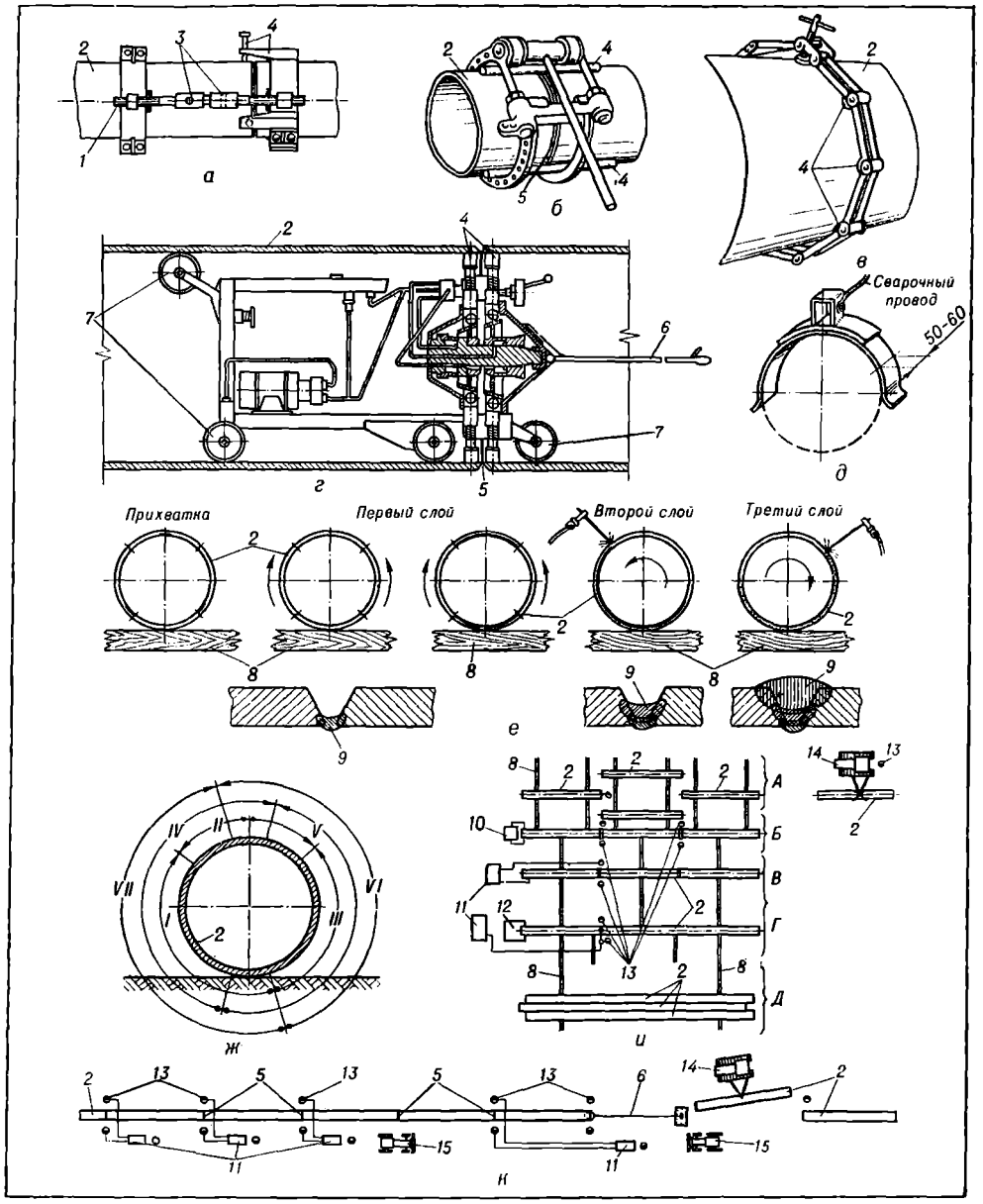


Рис. XII.3. Сборка и сварка стыков стальных труб:

а, б — центраторы винтовой и эксцентриковый (для труб диаметром до 350 *мм*); *в* — то же, звеньевой (для труб 500 — 1000 *мм*); *г* — то же, гидравлический врутренний (для труб 500—1200 *мм*); *д* — зажим для подключения к трубе сварочного провода; *е* — порядок сварки поворотных стыков; *ж* — то же, неповоротных (потолочных); *и* — трубосварочная база (план); *к* — порядок сборки и сварки на трассе; *1* — натяжной винт; *2* — трубы; *3* — отверстия для воротка; *4* — центрующие элементы; *5*— стыки свариваемых труб; *6* — штанга с электрокабелем; *7*— ролики; *8*—опоры для труб (стеллажи или дно траншеи); *9* — последовательность наложения слоев сварного шва; *10* — электролебедка; *11* — электросварочные агрегаты; *12* — вращатель; *13* — рабочие места сварщиков и слесарей-сборщиков; *14* — трубоукладчик; *15* — экскаватор (тягач); *I — VII* — порядок сварки неповоротного стыка.

менее 50 *мм*, а толщина — 0,4 толщины стенки трубы. Выполняют прихватки такими же электродами, как и сварку стыков. При этой операции трубы поворачивают поворотными ключами. Зазор между концами прихваченных труб должен быть одинаковым по всему периметру (1,5—3 *мм* в зависимости от толщины их стенок). Величину зазора между торцами труб проверяют шаблоном.

Сборку и прихватку стыков выполняет звено из двух-трех слесарей-трубоукладчиков и высококвалифицированного сварщика.

После сборки начинают сварку стыков. При толщине стенок труб до 8 *мм* их сваривают в два слоя, а если стенка толще,— в три слоя (рис. XII. 3,*е*).

Различают *поворотные стыки*, выполняемые при поворачивании свариваемых труб, и *неповоротные*, или *потолочные*,— свариваемые без поворота труб. Сварку поворотных стыков выполняют при укрупнительной сборке труб в звенья на бровке траншеи или на сварочных базах, а неповоротных — в траншеях (каналах) и при сваривании в полевых условиях «бесконечных» плетей, которые поворачивать невозможно. Бесконечная плеть — это не столько очень длинная, сколько непрерывно изготовляемая и укладываемая в траншею нитка трубопровода.

При трехслойной сварке толщину отдельных слоев распределяют так: первый и второй слой — по 0,4, а третий — 0,2 толщины стенки трубы. При двухслойной — соответственно — 0,6 и 0,4. Третий (второй) слой выполняют с небольшим усилением — наплывом на поверхности соединяемых труб — примерно на величину диаметра применяемых электродов.

По окончании сварки поверхность каждого слоя очищают от шлака и брызг наплавленного металла.

Первый слой шва наносят по частям с двух рабочих позиций сварщика: сначала заваривают первую и третью, а повернув трубу на 90°,— вторую и четвертую четверти стыка. Сварку ведут снизу вверх, как показано стрелками на рис. XII.3,*е*. Второй слой сварщик наносит с одной рабочей позиции по всей длине стыка, постепенно поворачивая трубу, а третий слой (последний) — так же, как и второй, но с другой рабочей позиции и при поворачивании трубы в обратном направлении.

Неповоротные стыки сварщик начинает сваривать снизу, лежа в приямке, в последовательности и порядке, указанных цифрами и стрелками на рис. XII. 3,*ж*. При этом режим сварочного тока подбирают с меньшими характеристиками, чем для поворотных стыков. Это несколько замедляет процесс сварки, но способствует лучшему формированию сварного шва.

Электроды для сварки первого слоя стальных труб применяют с газозащитным покрытием типа ВСЦ-2 диаметром 4 *мм* или УОНИ-13 диаметром 3 *мм*. Последующие слои, и особенно верхний облицовочный, наносят электродами ВСЦ или УОНИ-13/55.

Сборку и сварку труб в секции и бесконечные плети вдоль траншеи в полевых условиях производят из звеньев длиной 40—50 *м*, изготовляемых на трубосварочных базах (рис. XII.3,*и*), которые располагают недалеко от трассы через каждые 15—30 *км*. Производительность таких баз 350—800 *м* труб в смену (56—58 стыков). Базу обслуживает бригада из 11—18 рабочих.

Сварку труб в звенья на базе выполняют в такой последовательности. Подготовленные к сварке трубы (стеллаж *А*) перекатывают на стеллаж *Б* для сборки и наложения первого слоя шва (вручную). Окончательную сварку стыков выполняют сварочным полуавтоматом на стеллажах *В* и *Г* На последнем стеллаже *Д* стыки просвечивают и готовые звенья выдают на трассу.

Оборудование базы позволяет вести двустороннюю сварку стыков под слоем флюса снаружи и изнутри труб. На втором и третьем сварочных стеллажах (*Б* и *В*) сварку ведут снаружи трубы, а на следующем (*Г*) изнутри. Сварочная головка, вводимая внутрь трубы на специальной штанге, оснащена системой слежения, обеспечивающей ее точное положение в процессе сварки. Это повышает качество и надежность стыков.

На трассе сварку труб в секции или бесконечную плеть производят

на бровке траншеи (на подкладках). Для центровки кромок соединяемых секций и фиксации требуемого зазора используют краны-трубоукладчики и внутренние центраторы (рис. XII.3,*г*). Пока стык сваривают, кран-трубоукладчик поддерживает поданную им секцию.

Сварку ведет звено из двух сварщиков (рис. XII.3,*к*). Первый слой стыка они заваривают на $^3/_4$ его длины. Затем снимают центратор, переносят его на новое рабочее место, куда кран-трубоукладчик подает очередную секцию. Пока сварщики доваривают оставшуюся $^1/_4$ стыка первого слоя, монтажники должны успеть подготовить для сварки новый стык. Заварку последующих слоев этого стыка выполняет другое звено сварщиков (два человека). Первое же звено переходит к новому стыку и т. д. Таким образом, рабочий шаг сварочной колонны равен длине стыкуемой секции. Все сварочные агрегаты блокируют общим тросом и перемещают одновременно трактором-тягачом вдоль трассы.

Для сварки монтажных неповоротных, или потолочных, стыков на дне траншеи устраивают специальные приямки длиной 1,5 *м*, расположенные симметрично по каждую сторону свариваемого стыка. Глубина приямков 60—70 *см*, а ширина равна ширине траншеи. Во всех случаях размеры приямка должны быть такими, чтобы сварщик с нужными ему инструментами и приспособлениями мог свободно в нем расположиться и качественно выполнять работы по соединению труб.

В зимних условиях (на открытом воздухе) принимают меры против резкого охлаждения сварных швов: на ветру, во время снегопада или дождя сварку ведут под прикрытием легких переносных палаток; свободные концы труб закрывают заглушками; готовые стыки укрывают теплоизоляционными материалами.

Сварные соединения стеклянных и пластмассовых труб отличаются хрупкостью (особенно в условиях низких температур). В связи с этим для таких трубопроводов требуется надежное основание, а при открытой прокладке — эластичные крепления. Прочность сварных соединений пластмассовых, например полиэтиленовых, труб составляет 90% прочности основного материала, а при повышении температуры окружающей среды до 80° С она снижается до 20% первоначальной. Это очень сужает область применения полиэтиленовых труб.

§ 2. СБОРКА РАСТРУБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Раструбы чугунных труб уплотняют просмоленной пеньковой прядью и цементно-песчаной или асбестоцементной смесью, свинцом, резиновыми кольцами и другими материалами.

Перед стыковкой трубы осматривают снаружи и простукивают молотком (массой 0,5 *кг*) для выявления трещин. Трубы с трещинами бракуют.

Стыки собирают, вдвигая гладкий конец одной трубы в раструб другой так, чтобы между их торцами оставался свободный зазор (5—15 *мм*), который контролируют специальным щупом (рис. XII.4,*а*). Затем трубы центруют при помощи клиньев. Кольцевая раструбная щель при этом должна быть одинакова по всему периметру стыкуемых труб (с учетом допуска 2—5 *мм*). Раструбы труб диаметром до 300 *мм* заделывают на глубину 25—30 *мм*; диаметром 350—700 *мм* — на 30—35 *мм*; диаметром 800—1000 *мм* — на 37—42 *мм*.

Просмоленную прядь для заделки свивают в жгуты длиной, превышающей окружность трубы на 20—25%, и вводят в кольцевой зазор раструба (последовательно три жгута), уплотняя каждый из них конопаткой при помощи пневматического молотка (рис. XII.4,*б*) или вручную.

После этого клинья удаляют. Оставшуюся часть раструба зачеканивают (уплотняют) цементно-песчаной смесью состава 1 3. Сухую смесь растирают, перемешивают и просеивают, а непосредственно перед заделкой стыков увлажняют водой (10—12% массы смеси). Объем замеса для одного стыка должен быть несколько больше кольцевого зазора. Смесь вводят в раструб рукой, начиная снизу. Потом тупой конопаткой проталкивают ее в кольцевой зазор и распределяют равномерно внутри раструба. Каждый слой тщательно зачe-

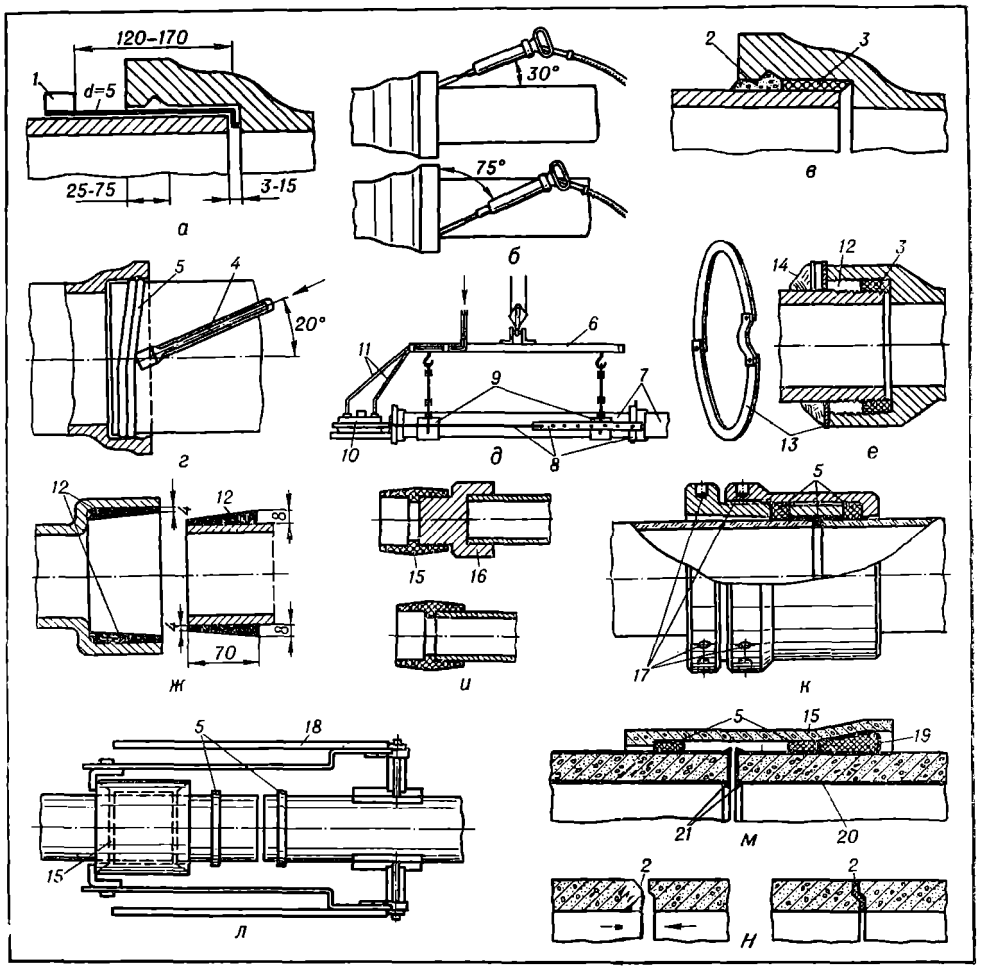


Рис. XII.4. Соединения труб:

раструбных: чугунных: *а* — проверка зазора щупом; *б* — чеканка после законопачивания; *в* — готовый стык; *г* — сборка на резиновых кольцах вручную; *д* — то же, гидравлическим приспособлением; керамических: *е* — на асфальтовой мастике; *ж* — на мастичных кольцах; муфтовых пластмассовых и стеклянных: *и* — на клею с гладкими муфтами; *к* — на резиновых манжетах с резьбовыми сборными муфтами; асбестоцементных: *л* — на резиновых кольцах; железобетонных: *м* — раструбных с пластмассовой облицовкой (полимержелезобетонных); *н* — фальцевых на асбестоцементной мастике; *1* — щуп; *2* — асбестоцементная смесь; *3* — просмоленная прядь; *4* — конопатка (расклинка); *5* — резиновые кольца (манжеты); *6* — траверса; *7* — соединяемые трубы; *8* — хомут с тягой и канатом; *9* — клещи; *10* — гидродомкрат в обойме с наголовником; *11* — шланги высокого давления; *12* — мастичные кольца (мастика); *13* — хомут с литником; *14* — глина; *15* — муфта; *16* — оправка; *17* — муфта с отверстиями для сборки; *18* — домкрат рычажный; *19* — стеклопластиковое ограничительное кольцо; *20* — пластмассовая пленка; *21* — воротники из полимерного материала (насаживаются на трубу в горячем состоянии).

канивают. Готовый стык (рис. XII.4,*в*) покрывают ветошью или рогожами, смоченными водой. Перед испытанием стык выдерживают не менее 48—72 *ч*.

При зачеканке стыков асбестоцементом приготовляют сухую смесь из 30% (по массе) асбеста не ниже IV сорта и 70% портландцемента марки не ниже 400. После перемешивания смесь увлажняют водой и зачеканивают стык так же, как и в предыдущем случае.

В зимних условиях вместо воды, которая замерзает в смеси раньше, чем ее введут в раструб, применяют рыхлый снег и хранят приготовленную смесь

при температуре ниже —5° С, не допуская ее преждевременного оттаивания.

Свинец для заделки стыков используют *горячий* (расплавленный) или *холодный* (в виде полос, лент или свинцовой шерсти). Расплавленный свинец заливают после укладки (впритык к торцу раструба) пенькового или асбестового жгута, смазанного глиной, или металлической кольцевой обоймы. Пеньковый жгут длиной на 300 *мм* больше окружности трубы делают такой толщины, чтобы кольцевая щель между трубами в раструбе (обычно 10—12 *мм*) плотно закрывалась. Жгутом обвивают кольцевое отверстие, а свободные концы выводят наверх и прикрепляют скруткой к трубе, устраивая литник (воронку). Торец раструба поверх жгута по всей окружности обмазывают глиной. Для выхода газа и паров рядом с литником в глиняной обмазке прокалывают отверстие диаметром 5—6 *мм*.

Расплавленный свинец заливают в кольцевой зазор непрерывной струей из переносного ковша только с одной стороны, чтобы с другой выходили водяные пары. Места примыкания к трубам металлических колец также обмазывают глиной. После остывания свинца в стыке жгут с обмазкой снимают и зачеканивают свинец в раструбе электрическим или пневматическим рубильно-чеканочным молотком с набором чеканок.

При уплотнении труб резиновыми кольцами (рис. XII.4,*г*) гладкий конец одной из них (с надетыми кольцами) вдвигают в раструб другой. Затем раструбную щель на одной половине окружности расклинивают так, чтобы кольца свободно вошли во вторую ее половину. Потом легкими ударами молотка по конопатке кольца доводят до крайнего положения.

Такую сборку значительно облегчает применение специального приспособления (для труб диаметром 50—600 *мм*). Оно состоит из гидродомкрата, работающего от гидросистемы крана-трубоукладчика, упорного диска с наголовником, стяжного хомута и монтажной траверсы с подвешенными к ней клещевыми захватами (рис. XII.4,*д*).

Домкрат, установленный на специальной площадке, вместе с упорным диском крепят к раструбу укладываемой трубы, вдоль которой пропускают тяги хомута. Затем трубу захватывают клещами траверсы и краном-трубоукладчиком опускают в траншею, вводя гладким концом в раструб ранее уложенной трубы, в которую предварительно вставлен резиновый манжет. После закрепления хомута у этого раструба включают домкрат: он как бы «прессует» стык. Достаточная плотность соединения достигается через 2—3 *мин* работы. Затем приспособление снимают и переходят к укладке и соединению следующей трубы.

Раструбы керамических труб конопатят просмоленной пеньковой прядью и заделывают асфальтовой мастикой или цементно-песчаной смесью.

Прядь обвивают вокруг трубы не менее двух раз, вставляют ее в раструб и уплотняют вручную конопаткой (без молотка). Уплотненная прядь занимает $^1/_3$—$^1/_2$ раструбного пространства. Остальную часть заполняют разогретой асфальтовой мастикой (рис. XII.4,*е*) или цементным раствором. Перед заливкой соединяемые концы труб очищают и насухо протирают, а если надо, высушивают паяльной лампой. Мастику заливают так же, как и расплавленный свинец.

Более индустриально и менее трудоемко соединение керамических труб на конических кольцах из битумно-асфальтовых мастик (рис. XII.4, *ж*), наносимых на трубы на заготовительных заводах. На трассе обильно смачивают поверхности колец растворителем (бензином, бензолом) и соединяют трубы. Коническая форма колец и размягченная мастика способствуют хорошему уплотнению стыков.

Керамические трубы, доставляемые на трассу и укладываемые в траншею звеньями из двух — пяти труб, соединяют на цементно-песчаном (асбестоцементном) растворе (жесткое соединение). Эластичность трубопровода при этом не нарушается, поскольку жесткие стыки чередуются с мастичными.

Бетонные и железобетонные трубы с раструбами соединяют на просмоленной пряди или на резиновых кольцах и заделывают цементным или асбестоцементным раствором, как керамические трубы.

Раструбные пластмассовые трубы собирают на клею или резиновых кольцах, уплотняемых специальной мастикой.

Подготовка винипластовых труб к соединению на клею, кроме обычных операций, включает еще образование раструба (эти трубы поставляются промышленностью без раструбов, с гладкими концами). Для этого концы трубы нагревают горячим воздухом до пластичного состояния (примерно до 180° С) и калибруют на оправке. При устройстве соединений на клею (рис. XII.4,*и*) соприкасающиеся поверхности стыкуемых труб предварительно зачищают шлифовальной шкуркой, обтирают метиленхлоридом и после просыхания покрывают тонким слоем клея, который готовят из перхлорвиниловой смолы, растворенной в дихлорэтиле. Через 15—20 *мин* трубы соединяют. Гидравлическое или пневматическое испытание такого соединения проводят не ранее чем через сутки.

Когда соединение устраивают на резиновых кольцах, на гладком конце одной трубы наваривают два буртика из винипластового прутка, между которыми располагают уплотнительное резиновое кольцо. Затем торец этой трубы вводят в раструб другой. Иногда для заполнения стыкового пространства применяют асбестовый шнур или просмоленную прядь. Набивку и мастику уплотняют конопаткой (без молотка).

§ 3. МОНТАЖ СТЫКОВ НА ФЛАНЦАХ

По способу устройства различают фланцы, отлитые вместе с трубами, приварные и надвижные.

При соединении труб с отлитыми фланцами подготовительные работы состоят из проверки и отбраковки негодных труб и фланцев, заготовки прокладок и соединительных болтов и шлифовки зеркала фланцев.

Когда монтируют стыки с приварными и надвижными фланцами, в состав подготовительных работ входят заготовка, приваривание и надвижка фланцев, отбортовка торцов труб, подготовка прокладок и болтов. При соединении пластмассовых труб фланцы, изготовленные из листового винипласта толщиной 10—20 *мм*, приваривают воздушной горелкой или приклеивают к концам труб и фасонных частей.

При центровке труб болтовые отверстия фланцев для точного их совпадения расклинивают коническими оправками. Это обеспечивает также параллельность плоскостей фланцев. Прокладки при установке привязывают к фланцам тонким шпагатом, чтобы они не мешали проходу оправки и болтов. Затем оправки заменяют болтами, удаляют шнур, проверяют положение фланцев и прокладок и постепенно на диаметрально противоположных болтах закручивают гайки (сначала вручную, а потом ключом-гайковертом), не допуская перекоса фланцев.

§ 4. СБОРКА МУФТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

На муфтах (с резьбой и без резьбы) трубы соединяют при монтаже внутренних и наружных трубопроводов, установке запорной, водоразборной, газовой и других видов арматуры, аппаратуры и приборов.

Муфтами на резьбе соединяют стальные, стеклянные и пластмассовые трубы.

Для обеспечения плотности нарезного муфтового соединения *стальных труб* нарезку перед сборкой обворачивают прядью льна-долгунца и смазывают жидкотертым свинцовым суриком на натуральной олифе или специальными мастиками.

Стеклянные трубы соединяют специальными резьбовыми соединительными муфтами из чугуна, стали, алюминия или пластмасс с внутренним уплотняющим кольцом, промежуточной втулкой и двумя резиновыми уплотнительными прокладками.

Аналогичные муфты из легких сплавов или винипласта применяют и для соединения пластмассовых труб (рис. XII.4,*к*). В этом случае прокладку делают из тонкого пластика. *Полиэтиленовые трубы* соединяют накидными гайками и бронзовыми патрубками. Их ввертывают на резьбе в горячем состоянии в трубы и закрепляют стальными хомутами. *Фаолитовые трубы* соединяют муфтами с левой и правой резьбой,

заключенными в стальные обоймы. Между торцами соединяемых труб укладывают прокладку. *Стеклопластиковые трубы* соединяют муфтами с нарезной и накатной резьбой.

На гладких муфтах соединяют чаще всего неметаллические трубы. В качестве уплотнителя применяют резиновые кольца, просмоленную прядь, резиновые манжеты с металлическими натяжными уплотняющими хомутами. Заделку производят также асбестоцементной, цементно-песчаной смесью или клеем из эпоксидных смол, и тогда стыки на надвижных муфтах работают как жесткие неразъемные соединения.

Асбестоцементные напорные трубы соединяют надвижными асбестоцементными муфтами с внутренними буртиками. Муфты уплотняют резиновыми кольцами (рис. XII.4,*л*). Сборку стыка начинают с установки на ранее уложенной трубе муфты и резинового кольца на расстоянии от торца $0{,}5l + 5$ *мм* (где l — длина муфты). Второе кольцо надевают на конец присоединяемой трубы, отступив 10 *мм* от ее торца. Кольца предварительно растягивают, чтобы удостовериться в отсутствии раковин и других дефектов, и ориентируют при установке строго нормально к оси трубы.

Сцентрированные трубы подбивают грунтом и размечают на их стыке проектное положение муфты. Укрепив на вновь уложенной трубе рычажный домкрат *18* (рис. XII.4,*л*) и захватив тягами муфту за торцы, ее плавно и без перекосов натягивают на стык в пределах сделанных отметок. При натяжении скошенный буртик сжимает кольцо, которое проскальзывает под муфту. Затем муфту надвигают и на второе кольцо. Правильность положения колец проверяют специальным щупом. Наружное пространство между трубой и муфтой после гидравлического испытания заполняют цементно-песчаным раствором состава 1 : 3.

Асбестоцементные безнапорные трубы соединяют на цилиндрических муфтах (без внутренних буртиков). Работу начинают с разметки проектного положения муфты. Затем ее надевают на конец ранее уложенной трубы и пристыковывают следующую трубу. После этого муфту размещают в соответствии с разметкой, и в одну из ее сторон вставляют цилиндрический деревянный шаблон, состоящий из двух половин. Свободный кольцевой зазор заделывают просмоленной прядью и асбестоцементной смесью. После затвердения смеси шаблон снимают и так же заделывают вторую часть стыка. Во избежание появления трещин верхний слой цементной или асбестоцементной заделки слегка смачивают водой, прикрывая его на три-четыре часа мокрой тряпкой.

Железобетонные и бетонные трубы, имеющие *гладкие концы*, соединяют железобетонными муфтами, внутренний диаметр которых на 3,6—6 *см* превышает наружный диаметр соединяемых труб. Кольцевое пространство между трубами и муфтой заделывают, как и раструбные соединения, просмоленной прядью и цементным раствором или асфальтовой мастикой. Стыки труб большого диаметра (800 *мм* и более) заделывают также изнутри цементным раствором, гладко заштукатуривают, а иногда и железнят.

При соединении таких труб *с фальцевыми стыками* (рис. XII.4,*н*) соприкасающиеся поверхности торцов очищают стальной щеткой, промывают водой и наносят цементный раствор на выступающие фальцы стыкуемых труб (на нижнюю половину одной и верхнюю половину другой). Затем их сдвигают, оставляя зазор между торцами (с наружной поверхности трубы — не более 20 *мм*, с внутренней — 10 *мм*), чтобы раствор выступил из шва. Излишек раствора снимают, а стык тщательно штукатурят. Когда стыки надо усилить, их снаружи омоноличивают слоем бетона толщиной 100—200 *мм*, укладываемым в кольцевую опалубку по стальной арматурной сетке с ячейками 10—15 *мм*.

Полимержелезобетонные трубы (гладкие, покрытые внутри и в пределах стыка — снаружи — полимерной пленкой) соединяют надвижными стеклопластиковыми муфтами (рис. XII.4,*м*). Уплотнение муфты создается резиновыми кольцами и установкой на клею конического уплот-

нительного стеклопластикового кольца.

Стеклянные трубы на гладких муфтах соединяют, как и асбестоцементные, соблюдая при этом особую осторожность из-за хрупкости стекла.

§ 5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Качество соединения труб контролируют обычно в три этапа.

На первом этапе трубы и другие материалы принимают и проверяют по сертификатам (техническим паспортам) поставщиков. При необходимости проводят лабораторные испытания и анализы, устанавливая соответствие поставок требованиям ГОСТ и ТУ: определяют временное сопротивление, относительное удлинение, химический состав металла труб и др.

Непосредственно перед стыковкой трубы осматривают визуально и с помощью измерительных инструментов и шаблонов, контролируют форму торцов труб, не допуская овальности.

На втором этапе пооперационно контролируют процессы сборки и соединения труб: центровку и заделку стыков (уплотнение пряди и заполнение раструбов, зачистку кромок, соблюдение зазоров, размеров фасок и наложения слоев сварных швов, качество зеркала и правильность приварки фланцев, установки прокладок и др.).

На третьем, завершающем, **этапе** (в частности, при прокладке стальных труб, соединяемых сваркой) готовые сварные швы проверяют механическим испытанием образцов, вырезаемых из свариваемых стыков (выборочно), и просвечиванием стыков радиоактивными изотопами. Для механических испытаний трубопроводов, рассчитанных на рабочее давление до 1 *Мн/м*² (10 *кгс/см*²), отбирают и вырезают 2% общего числа стыков, сваренных каждым сварщиком (но не менее двух), при давлении от 1 до 2 *Мн/м*² (от 10 до 20 *кгс/см*²) — 5% стыков (но не менее двух), а при давлении более 2 *Мн/м*² (20 *кгс/см*²) — 10% (но не менее трех стыков). Из каждого стыка вырезают по шесть-семь планок (рис. XII.5,*а*): три для испытания *на разрыв*, три — *на угол загиба*. Стык считают выдержавшим испытание, если разрывное усилие во всех трех образцах составило не менее 4,2 *Мн/м*² (42 *кгс/см*²), а угол загиба, при котором появляется первая трещина, — 120° При обнаружении

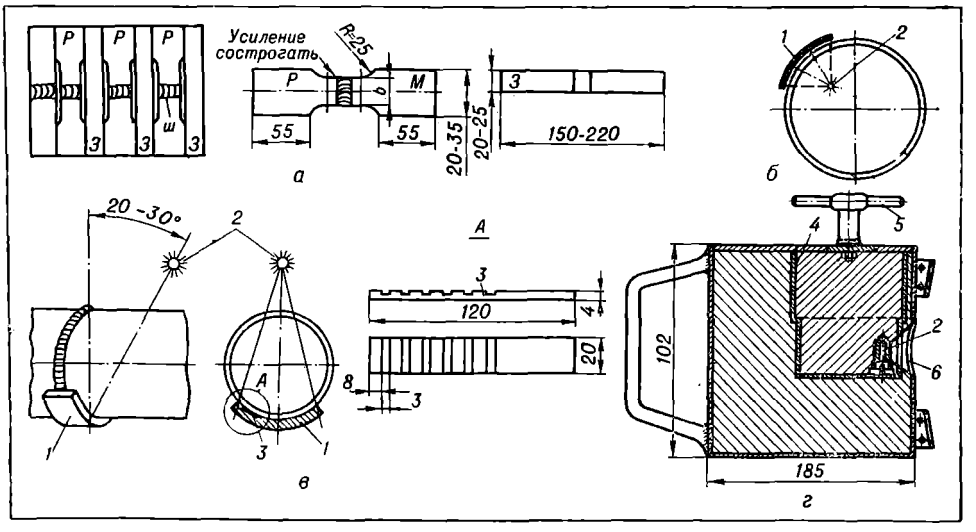


Рис. XII.5. Контроль качества сварных соединений стальных труб:

механическое испытание: *а* — разметка образцов; *Р* — образцы на разрыв; *З* — образцы на угол загиба; *ш* — шов; *М* — клеймо сварщика; испытание просвечиванием: *б* — изнутри; *в* — снаружи; *г* — контейнер; *1* — кассета; *2* — ампула; *3* — дефектометр; *4* — стакан; *5* — ручка для поворачивания стакана; *6* — окно.

дефектов испытание повторяют на удвоенном числе образцов. Если дефекты находят вновь, сварщика отстраняют, а сваренные им (за последний месяц) стыки удаляют.

Просвечивают стыки гамма-лучами с помощью переносной ампулы с радиоактивными изотопами стронция или кобальта, заключенной в свинцовый контейнер, и кассет с рентгеновской пленкой.

Для просвечивания ампулу извлекают из контейнера державкой и вводят внутрь трубы через специально просверленное в ее стенке отверстие или открытый торец (рис. XII.5,*б*). Трубы диаметром менее 250 *мм* просвечивают ампулой с мощностью заряда радия до 0,5 *г-экв*, устанавливаемой снаружи, вблизи стыка (рис. XII.5,*в*), ориентируя луч под углом 20—30° к сечению трубы. При более мощных зарядах (1—2 *г-экв* радия) стыки просвечивают, не вынимая ампулу из контейнера, через специальное окно в нем (рис. XII.5,*г*).

Кассеты изготовляют из черной бумаги, резины или алюминия. В них укладывают рентгеновскую пленку и дефектометр — металлическую пластинку толщиной 4 *мм* с прорезями и отверстиями различной глубины. Контрастность их отпечатков на пленке сравнивают с контрастностью отпечатков дефектов шва и таким образом судят об их размерах и количестве.

Качество стыков оценивают по трехбалльной системе. Недостаток этого метода — вредные условия работы радиографа.

Магнитографический метод контроля качества стыков состоит в том, что на плотно уложенной и прижатой к шву двухслойной ферромагнитной ленте при намагниченном стыке фиксируются поля рассеивания от дефектов сварки. Полученную «запись» воспроизводят на экране электронно-лучевой трубки осциллографа. Этот метод весьма производителен, экономичен и совершенно безвреден для обслуживающего персонала. Контролер-радиограф за рабочую смену может просветить 20—25 стыков труб диаметром 500 *мм*.

Дефектоскопию сварных швов большого диаметра (1020—1420 *мм*) в последнее время проводят с помощью автоматизированной установки, перемещаемой на саморегулируемой тележке внутри трубы вслед за центратором. Так проверяют готовые стыки и отдельные их слои. Длительность экспозиции 3—10 *мин*.

Глава 3

ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБ

Изоляционные покрытия труб подразделяют на две основные группы: гидроизоляционные и теплоизоляционные.

Комплексный процесс изоляции труб состоит из таких рабочих процессов: приготовления материалов для устройства изоляционного покрытия (мастик, сборных элементов, армирующих сеток, рулонов и др.); доставки материалов к рабочему месту; подготовки поверхности изолируемых труб; грунтовки и нанесения изоляционного покрытия; контроля качества изоляции. Методы выполнения этих процессов зависят от типа изоляционного покрытия и принятой организационно-технологической схемы производства работ.

§ 1. УСТРОЙСТВО ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Схема производства. Трубопроводы собирают из отдельных монтажных элементов (труб) или из бесконечных плетей труб (см. с. 354).

В первом случае на стройку поступают готовые заизолированные звенья труб и узлы, у которых не покрыты изоляцией только концы — «захлесты» (на 25 *см* от обоих краев), предназначенные для устройства стыков. Стыки изолируют вручную на бровке траншей и каналов при укрупнительной сборке (рис. XII.6,*а*) или на дне траншеи, в специальных приямках, после укладки и соединения труб (рис. XII.6,*б*).

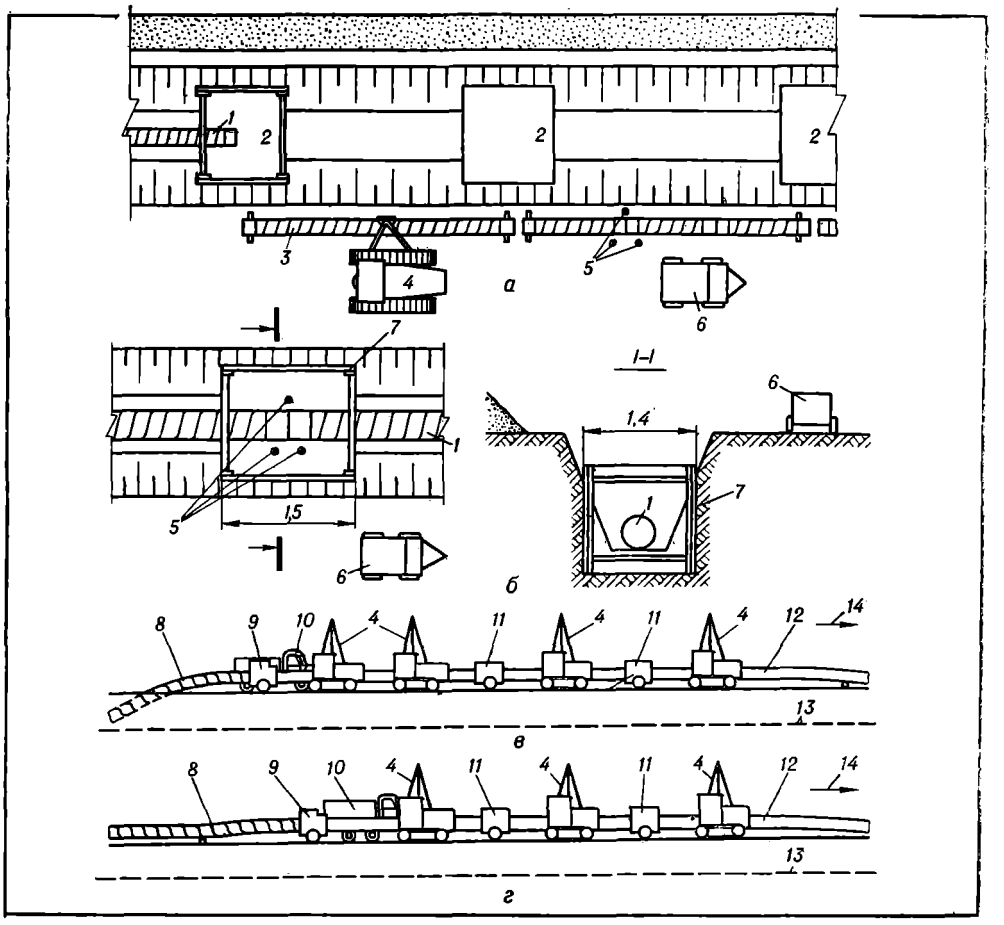


Рис. XII.6. Гидроизоляция труб:

а — изоляция стыков на бровке траншеи; *б* — то же, в траншее; *в* — изоляция плетей совмещенным методом; *г* — то же, раздельным; *1* — уложенные звенья; *2* — приямки; *3* — подготовленные к укладке звенья с заизолированными стыками; *4* — трубоукладчик; *5* — места рабочих при изоляции стыков; *6* — котел для приготовления мастики; *7* — крепление приямков; *8* — заизолированная и укладываемая (подготовленная к укладке) плеть; *9* — изоляционная машина; *10* — битумовоз; *11* — очистительная машина; *12* — плеть, подготовленная для очистки и изоляции; *13* — дно траншеи; *14* — направление строительного потока.

Во втором случае — при работе с бесконечной плетью — изоляционное покрытие наносят на трубы механизированным способом непосредственно на трассе, также оставляя неизолированными захлесты и фасонные части (отводы, тройники и т. п.). Их изолируют на дне траншей, в приямках, после укладки и испытания трубопровода.

В обоих случаях объем этих работ составляет 0,2—0,3% всего изоляционного покрытия трубопровода.

Плети изолируют совмещенным (рис. XII.6,*в*) или раздельным (рис. XII. 6,*г*) методом.

При работе *совмещенным методом* в одном технологическом потоке производят очистку, изоляцию и укладку труб. При этом кран-трубоукладчик, идущий впереди колонны (рис. XII.6,*в*), поднимает на троллеях (рис. XII.7), подвешенных к его стреле, трубопровод (бесконечную плеть), предварительно выложенный вдоль траншеи на бермах или деревянных подкладках. Удерживая его на

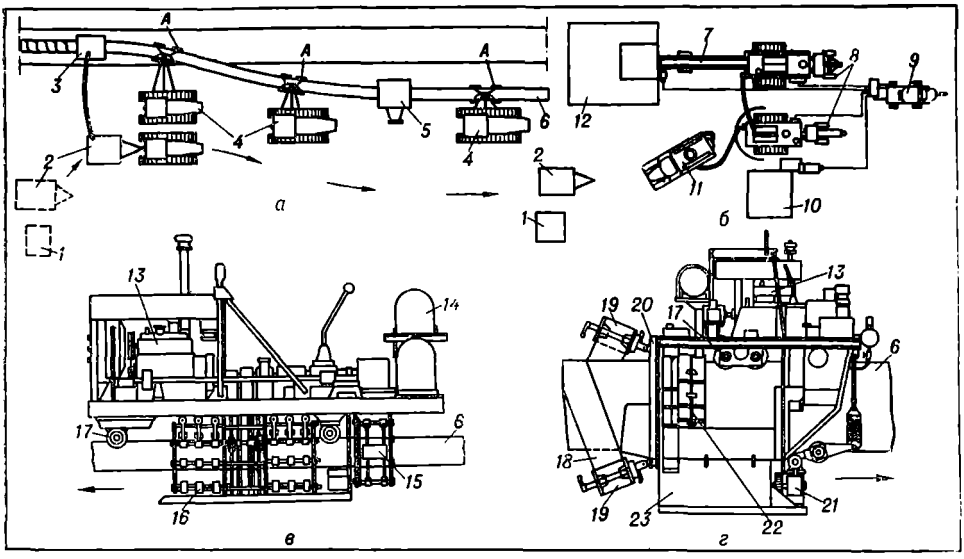


Рис. XII.7. Схема очистки и изоляции труб:

а — расстановка механизмов при изоляции бесконечной плети мастикой, приготовляемой на трассе из брикетов; *б* — полустационарная битумоварочная база; *в* — очистка и огрунтовка труб в полевых условиях; *г* — изоляция труб; *1* — брикеты; *2* — котел с тягачом; *3* — изоляционная машина; *4* — трубоукладчики; *5* — очистительная машина; *6* — бесконечная плеть; *7* — конвейер; *8* — битумоплавильная и смесительная установки; *9* — передвижная электростанция; *10* — склад наполнителей (резиновой крошки, каолина и др.); *11* — битумовоз; *12* — склад нефтебитума; *13* — двигатель; *14* — бак с грунтовкой; *15* — механизм для огрунтовки трубопровода; *16* — то же, для очистки; *17* — ходовые механизмы; *18* — рулонный материал; *19* — шпули; *20* — цевочное устройство; *21* — битумный насос; *22* — обечайка; *23* — ванна с мастикой; *А* — троллеи; ← — направление движения потока.

высоте 0,75—1,5 *м* от земли, кран передвигается вдоль фронта работ и, опуская стрелу до максимального вылета, пододвигает трубопровод к траншее. За ним располагают первую очистительную машину (рис. XII.6,*в*). Она выполняет грубую очистку труб. Второй кран-трубоукладчик, двигающийся за этой машиной, копирует движения первого крана и пододвигает трубопровод еще ближе к оси траншеи, удерживая его на той же высоте. Вылет стрелы этого крана соответственно больше. Идущая за ним вторая очистительная машина очищает трубу до металлического блеска и огрунтовывает ее. Два крана-трубоукладчика, двигающиеся за ней, удерживают и центруют по оси траншеи трубопровод вместе с перемещающейся по нему и замыкающей колонну изоляционной машиной на заданной высоте и строго по оси траншеи. Заизолированный трубопровод волной ложится на дно траншеи.

При *раздельном методе* (рис. XII. 6,*г*) организуют два потока: один по очистке и изоляции труб, другой — по их укладке. В первом потоке работает тот же комплект машин, что и при совмещенном методе (за вычетом одного трубоукладчика). Заизолированная плеть остается при этом на бровке траншеи. Во втором потоке плеть укладывают в траншею тремя трубоукладчиками. Таким образом, при совмещенном методе работает четыре трубоукладчика, а при раздельном — шесть. Поэтому применение совмещенного метода более экономично: выработка на одного рабочего, например при диаметре труб от 529 до 1020 *мм*, составляет 77—91 *м/смену*, тогда как при раздельном методе она не превышает 50 *м/смену*.

Приготовление и доставка материалов. Гидроизоляционные покрытия делают из битумных и битумно-резиновых материалов и полимерных пленок, а также из армоцемента. Они обеспечивают надежную эксплуатацию стальных трубопроводов в течение 15—25 лет.

Мастики. *Битумные мастики* готовят на стационарных заводах из биту-

ма марки БН-IV или смеси битумов БН-III и БН-V с добавкой минеральных наполнителей (каолина, асбеста и др.), а в зимних условиях — пластификаторов (зеленого, или осевого, масла и др.). Наполнители повышают механическую прочность мастик и увеличивают амплитуду температур, при которых мастики сохраняют свои защитные свойства. Пластификаторы особенно нужны в зимних условиях (при температурах минус 20—25° С): они уменьшают хрупкость мастик.

Битумно-резиновую мастику изготовляют с примесью резиновой крошки крупностью до 1 *мм* (7—10% общей массы битума). Крошка делает мастику гуще, увеличивает ее прочность, сплошность, улучшает диэлектрические и другие свойства, а также уменьшает водопоглощаемость.

Готовую мастику привозят на стройки в бумажных мешках и раскладывают вдоль трассы штабелями через 1—1,5 *км*. Плавят мастику в битумоплавильных котлах, перемещаемых от штабеля к штабелю тракторными тягачами (рис. XII. 7, *а*). Расплавленную мастику перекачивают из котла непосредственно в битумоприемную ванну изоляционной машины.

Для приготовления мастики в полевых условиях вдоль трассы трубопровода через 20—30 *км* размещают полустационарные (временные) установки. Возле них оборудуют склады для хранения требуемых материалов (рис. XII.7,*б*) и защиты их от увлажнения и снега (зимой). Бризол хранят в закрытых отапливаемых помещениях.

Технология приготовления мастики такова. Дробленый нефтебитум (кусками до 2—3 *кг*) ленточным конвейером загружают в котел на $^2/_3$ емкости и плавят, непрерывно перемешивая, до 180° С. Расплавленный и обезвоженный нефтебитум перекачивают в смеситель и смешивают с наполнителями и пластификатором. Готовую мастику битумовозами доставляют на трассу. Производительность полустационарных баз 6,5—20 *т* битумной мастики в смену.

В качестве усиливающей обертки применяют рулонные гидроизоляционные материалы: гидроизол, бризол, стеклоткань, стеклорогожку и полимерные пленки.

Гидроизол изготовляют из асбестового картона, пропитанного нефтебитумом. Его применяют в сухих грунтах с малой коррозионной активностью, так как он обладает повышенной водопоглощаемостью, которая во влажных и мокрых грунтах интенсифицирует коррозию металла труб.

Бризол готовят из смеси резиновой крошки, нефтебитума БН-IV или рубракса, озокерита (пластификатора) и асбеста № 7. Бризол обладает более высокими гидроизоляционными и диэлектрическими свойствами, чем гидроизол.

Стеклоткань и стеклорогожка — минеральные материалы, обладающие высокими гидроизоляционными и диэлектрическими свойствами и большой прочностью. Они особенно долговечны во влажных грунтах. Их недостаток — повышенная адсорбционная способность, для устранения которой ленты шириной 30—50 *см* пропитывают перед применением нефтебитумом, растворенным в бензине (1 : 3)

Весьма эффективны *полихлорвиниловая* (ПИЛ) и *полиэтиленовая* (ПЭЛ) *липкие ленты*, покрытые клеящим слоем полиизобутилена. Их наклеивают на поверхность труб без нанесения мастик.

Очистка и огрунтовка труб. Перед изоляцией трубы очищают механическим и химическим способами от окалины, масел и грязи, а также грунтуют.

Механическую очистку применяют на стационарных заготовительных заводах (в городских условиях), полустационарных базах и на трассе (в полевых условиях).

Стационарные трубозаготовительные заводы оснащены специальными очистными станциями и устройствами для огрунтовки, соединенными в общую поточную линию. В ряде случаев для очистки стальных труб большого диаметра (более 1020 *мм*) на полустационарных базах применяют пескоструйные аппараты. Очистка в них производится сухим просеянным песком крупностью 0,5—1 *мм*, выбрасываемым из стального сопла сжатым воздухом при давлении 0,4—0,5 *Мн/м*^{2} (4—5 *ати*).

В полевых условиях трубы очищают *самоходными трубоочистительными машинами* (рис. XII.7, *в*), которые устанавливают на очищаемом трубопроводе (бесконечной плети) и перемещают по нему со скоростью от 0,108 до 0,858 *км/ч*. Бесконечную плеть для этого предварительно выкладывают вдоль траншеи на деревянные подкладки длиной 1,5—1,8 *м* или земляные призмы (бермы), располагаемые через 10—20 *м*.

Машина имеет два рабочих органа — роторы, которыми она насаживается на трубу. Передний ротор оснащен скребками и щетками, задний — огрунтовочным приспособлением (брезентовыми ковриками и травяными щетками). Машина работает в комплексе с двумя кранами-трубоукладчиками, которые перемещаются с той же скоростью. Эти краны поддерживают очищаемый трубопровод в приподнятом положении на высоте 0,75—1 *м* над землей. В зимних условиях трубы обязательно предварительно очищают от наледи (снега) и просушивают.

При *полумеханическом и ручном выполнении работ* рекомендуется ежедневно очищать столько труб, сколько их может быть огрунтовано до конца рабочего дня, чтобы очищенные поверхности вновь не ржавели в перерыве между сменами.

При нанесении грунтовки вручную ее выливают из лейки на трубу и растирают по всей поверхности брезентовым полотенцем, не оставляя пропусков и сгустков. Запас грунтовки хранят в герметически закрывающейся таре.

Химическая очистка, применяемая только в заводских условиях, основана на использовании ингибированной (ослабленной) соляной кислоты. Она особенно эффективна при глубоко въевшейся в стенки труб коррозии. Трубы опускают в ванны, заполненные раствором кислоты, которая растворяет ржавчину и образует на поверхности труб оболочку, предохраняющую металл от разрушения. Обработанные кислотой трубы промывают чистой теплой водой, нейтрализуют слабым раствором щелочи (пассивация), сушат и покрывают грунтовкой — растворенным в бензине битумом (1 : 3) слоем 0,02 *мм*. (При изоляции труб полимерными лентами в качестве грунтовки применяют специальные полимерные клеящие составы).

Битумные покрытия наносят на трубы после полного высыхания грунтовки. Продолжительность высыхания зависит от условий производства работ: на заготовительных базах применяют искусственную сушку (острым паром, воздухом, нагретым до 15—20° С, в течение 5—10 *мин*), в полевых условиях для этого требуется несколько часов. В осенне-зимний период грунтовку, чтобы ускорить ее высыхание, готовят на авиационном бензине.

При ручном устройстве покрытия нормального типа (толщиной 3 *мм*) битумную мастику наносят в два слоя по 1,5 *мм* каждый, причем второй слой накладывают после остывания первого, а на него, не допуская остывания, навивают защитный слой крафт-бумаги.

Усиленное покрытие (толщиной 6 *мм*), выполняемое вручную, состоит из четырех последовательно наносимых слоев мастики. На второй из них, еще горячий, навивают рулонную обертку с нахлесткой 1,5—2 *см*. Покрытие защищают слоем крафт-бумаги.

Весьма усиленную изоляцию (толщиной 9 *мм*) вручную делают из шести слоев мастики. Рулонные обертки навивают после второго и четвертого слоев, а шестой слой обертывают крафт-бумагой.

При механизации устройства покрытий применение *битумно-резиновой мастики* позволяет за один проход изоляционной машины наносить на трубу любой тип изоляционного покрытия проектной толщины (благодаря наполнителю — резиновой крошке, которая делает мастику густой). Это значительно снижает трудоемкость работ и увеличивает производительность труда изолировщиков.

Работы производят так. На подготовленную плеть устанавливают изоляционную машину (рис. XII.7, *г*). Ее битумоприемную ванну наполняют расплавленной битумно-резиновой мастикой, доставляемой битумовозом. Из ванны шестеренчатым насосом мастику подают по трубопроводу в обечайку, которая охва-

тывает трубу почти по всей окружности. Мастика подается на поверхность трубы сверху и снизу. Толщину слоя (3—6 *мм*) регулируют зазором между трубой и обечайкой, вращающейся одновременно с цевочным устройством машины и со шпулями, с которых поверх горячего слоя мастики навивается рулонная обмотка (в один слой).

Для изолирования труб различных диаметров сменяют обечайки, поставляемые обычно в комплекте с машиной.

Липкие полимерные ленты (взамен мастик) наклеивают на просохшую грунтовку в два слоя. Машины для навивки этих лент более чем в два раза легче обычных, поскольку в них нет узлов и деталей для рабочего запаса и нанесения битумных мастик. Поэтому применение полимерных лент особенно целесообразно при прокладке труб в горных и других труднопроходимых районах.

В зимних условиях трассу, вдоль которой уложен сваренный трубопровод, очищают от снега по обе стороны на 1,5—2,5 *м*. На приподнятый трубопровод сначала устанавливают сушильную печь, а за ней — весь комплект машин так, чтобы расстояния между ними были не более 8—10 *м*. Это обеспечивает непрерывность выполнения операций. Трубопровод обогревают радиационным теплом, так как при непосредственном контакте с пламенем поверхность труб покрывается копотью, препятствующей сцеплению мастики с металлом. Для защиты от снега и ветра работы выполняют под прикрытием легких палаток.

Для изоляции монтажных стыков и фасонных частей, которые оставляют неизолированными при механизированном выполнении процесса, применяют тот же тип покрытия, который применен для труб. Объем этих работ невелик и рассредоточен на значительном расстоянии, зависящем от длины уложенных «бесконечных» плетей и наличия на них фасонных частей. Поэтому очистку и изоляцию выполняют вручную.

Для этого создают комплексные бригады в составе одного сварщика, двух монтажников и трех-четырех изолировщиков. Бригада имеет один-два крана-трубоукладчика (в зависимости от диаметра труб), сварочный агрегат, экскаватор-бульдозер для рытья и засыпки приямков, двухосный прицеп для транспортировки материалов, котел емкостью 200—500 *л* для приготовления мастики и т. п. Работы выполняют под руководством мастера.

Технология выполнения процесса такая же, как и при изоляции трубопроводов. Однако рабочим трудно выполнять процесс в ограниченном пространстве приямков на дне траншей, и, кроме того, они подвержены повышенной опасности при пользовании расплавленной мастикой. Рабочее место тщательно организуют и строго распределяют функции между рабочими, выполняющими отдельные операции.

Перед изоляцией стыки очищают стальными щетками от грязи, битума и т. п., протирают тряпками, смоченными в бензине, затем грунтуют и после просыхания изолируют.

Бачки с мастикой емкостью 20 *л* опускают в траншею, к стыкам, на канатах со специальных мостиков. Передача из рук в руки запрещается.

Изоляцию стыков выполняют четверо рабочих. Двое находятся по бокам трубопровода и брезентовым полотенцем, протянутым под стыком, равномерно распределяют мастику по его поверхности. Третий, стоя рядом (при малых диаметрах труб) или прямо на трубопроводе (если диаметр труб превышает 500 *мм*), поливает стык расплавленной мастикой. Четвертый, находящийся на бровке траншеи, подносит и подает мастику. После распределения мастики по стыку заранее заготовленные ленты усиливающей обертки из бризола или стеклоткани наклеивают на трубу, слегка притирая к ее поверхности.

Для ускорения работы вместо брезентового полотенца используют обертночный материал, который сразу после растирания им мастики наклеивают на стык. При этом операции распределения мастики и наклейки усиливающей обертки совмещаются и экономится материал на изготовление полотенец.

Нанесение армоцементных покрытий. Армоцементное покрытие состоит из цементно-песчаной оболочки, армированной стальной проволочной сеткой.

Объемная масса армоцемента — 2 *т/м*³. Он высокопрочен и устойчив во влажных и особенно в агрессивных грунтах. Такое покрытие часто применяют при закрытой прокладке труб (см. рис. XII. 15, XII.17).

Толщина армоцементного покрытия обычно не превышает 3—4 *см*, но при подводной прокладке труб может достигать 6—7 *см* и более. Наносят покрытие методом торкретирования, описанным на с. 219. Для этого заранее очищенные трубы покрывают тонким слоем битумной гидроизоляции.

Затем устанавливают сетку. Толщина защитного слоя над нею должна быть 2,5—3 *см*. Каждый конец трубы (звена) оставляют не покрытым на 25 *см*. При большей толщине покрытий сначала наносят слой торкрета (2,5—3,5 *см*), поверх которого надевают арматурную сетку. После этого устанавливают (отступая на 25 *см* от торцов труб) деревянные или металлические опалубочные реборды и наносят торкрет-покрытие до проектной толщины (продольными полосами шириной 25—30 *см* при поворачивании трубы). Готовое покрытие выдерживают в течение двух-трех суток для приобретения им нужной прочности.

Применяют также механизированную укладку бетонной смеси в навесную опалубку, состоящую из двух полых полуцилиндров, соединяемых шарнирами и автоматическими замками. Такая конструкция позволяет быстро устанавливать и снимать опалубку, легко регулировать толщину покрытия и изолировать трубы диаметром от 377 до 1220 *мм*. Получаемое покрытие экономично и обладает высокой прочностью.

Технология заделки стыков аналогична нанесению покрытия. Цементно-песчаную смесь готовят на бетонорастворных узлах и доставляют в сухом виде на трассу.

§ 2. УСТРОЙСТВО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Схемы производства. Трубопроводы с теплоизоляционным покрытием прокладывают без устройства каналов, в специальных каналах, внутри помещений и вне их — по эстакадам, отдельным опорам и стенам зданий. Теплоизоляционные покрытия выполняют из готовых сборных элементов, сборно-монолитными или монолитными из материалов, имеющих низкую теплопроводность и небольшую объемную массу. Поскольку прочность этих материалов невелика, выбирают такую форму и размеры изделий, которые обеспечивают наибольшую их сохранность.

При бесканальной подземной прокладке наружный теплоизоляционный слой должен обладать прочностью и гидроизоляционными свойствами, достаточными для восприятия внешних нагрузок и защиты трубопровода от влаги. Изоляцию делают битумоперлитовую, армоцементную, из сборных железобетонных скорлуп, железобетонных, бетонных и асбестоцементных труб, выстланных минеральной ватой.

При прокладке в каналах трубы изолируют асбошиферными полуцилиндрами, матами из минеральной или стеклянной ваты и другими изделиями. Иногда при устройстве временных сетей в непроходных каналах их засыпают минеральной или стеклянной ватой.

Трубопроводы, прокладываемые в закрытых (сухих) помещениях и технических подпольях, изолируют сборными формованными изделиями из различных пористых материалов. Применяют также сборно-монолитную (подвесную) из минеральных матов и битумоперлитовую изоляцию.

Комплексный процесс теплоизоляции включает изготовление и доставку теплоизоляционных и вспомогательных изделий и материалов; очистку и антикоррозионную огрунтовку труб; установку на них элементов теплоизоляции; окончательное закрепление и отделку покрытия; контроль качества работ.

Теплоизоляционные изделия и материалы обычно изготовляют на заготовительных базах, а трубы изолируют непосредственно перед их укладкой (над каналами — при монолитной и сборно-монолитной изоляции) или после укладки (при засыпной изоляции).

На заводах трубы или сваренные из них звенья изолируют прочными и хорошо выдерживающими перевозку монолитными покрытиями из армопенобето-

на автоклавным методом и из битумоперлита — методом экструзии (нанесением покрытия под давлением при пропуске трубы через специальный мундштук). Поверху эти покрытия оклеивают слоем рулонного гидроизоляционного материала по горячей мастике.

Из заизолированных звеньев монтируют теплосети.

На трассе изолируют только стыки, применяя для этого армопенобетонные или битумоперлитовые скорлупы. Фасонные части трубопроводов и компенсаторы изолируют при этом мягкой или литой теплоизоляцией после укладки труб.

Теплоизоляционные работы на трассе ведут после испытания смонтированных труб на участке, ограниченном камерами переключения. Узлы в пределах камер изолируют после их сварки и окончательного испытания всего смонтированного участка.

Теплоизоляционные изделия и вспомогательные материалы (минераловатные маты, скорлупы, крепежные детали и др.) доставляют на трассу в специальных контейнерах, а растворы — в мерных металлических ящиках. Это повышает культуру производства и облегчает труд, сокращает потери материалов.

Подготовка труб к изоляции, выполняемая на заготовительных предприятиях, включает очистку (одним из рассмотренных на с. 369—370 способов), огрунтовку (покрытие в три слоя антикоррозионным лаком Б-177), приварку скользящих опор и др.

Укладка и отделка покрытий. Для бесканальной прокладки труб их *армопенобетонную или битумоперлитовую* изоляцию выполняют на заводах. Монтаж теплосетей ведут из готовых заизолированных звеньев, что снижает стоимость тепловых сетей на 30—50% по сравнению с прокладкой их в каналах. При этом уменьшается расход цемента и стали. Например, на 1 *км* теплопровода диаметром 350 *мм* экономия цемента составляет более 200 *т*, а стали — свыше 55 *т*. Трудоемкость устройства таких покрытий — 0,15—0,2 *чел.-ч/м*^{2}, а стыков — 0,2—0,3 *чел.-ч/м*^{2}.

Железобетонные скорлупы, выстланные минеральной ватой, также изготовляют на заводах в виде двух полуцилиндров длиною 2 *м*.

Применение *асбестоцементных скорлуп*, надеваемых на трубы, оклеенные матами, устраняет трудоемкий процесс расстилания, разравнивания и уплотнения минеральной ваты в скорлупах. Трудоемкость такого покрытия 1—1,2 *чел.-ч/м*^{2}.

Специфичной разновидностью бесканальной прокладки теплосетей является их устройство в *железобетонных* или *асбестоцементных трубах-оболочках*, которые делают на 0,5 *м* короче труб теплосети (для удобства сборки, сварки и испытания). Трубы-оболочки доставляют на трассу в собранном виде — в блоке с заизолированными рабочими трубами. Кольцевой зазор между трубой и оболочкой, фиксируемый с помощью стальных приварных скоб, заполняют минеральной ватой или другими теплоизоляционными материалами. Монтажные стыки железобетонных труб изолируют железобетонными полуцилиндрами, асбестоцементных — такими же скорлупами.

При устройстве теплосетей в каналах (рис. XII.8, *а*) часто применяют покрытия из *асбестоцементных скорлуп* с прикрепленным к их внутренней поверхности слоем минеральной ваты. На трубопроводы надевают сначала нижнюю, а потом — верхнюю половину скорлуп, укрепляют их проволочными (оцинкованными) скрутками или бандажами и заделывают цементным раствором продольные и поперечные швы.

Применяют также покрытия из *минераловатных полуцилиндров* (на фенольной связке), армированных стальной сеткой и офактуренных асбестоцементной штукатуркой (15—20 *мм*), а также из *минерало-* или *стекловатных матов*, простеганных шпагатом. Такие покрытия армируют стальной панцирной сеткой, которой обертывают трубопровод сразу же после укладки на него матов, и покрывают асбестоцементной штукатуркой механизированным способом (затраты труда при этом составляют 1,75 *чел.-ч/м*^{2}) или вручную (затраты труда — 1,97 *чел.-ч/м*^{2}).

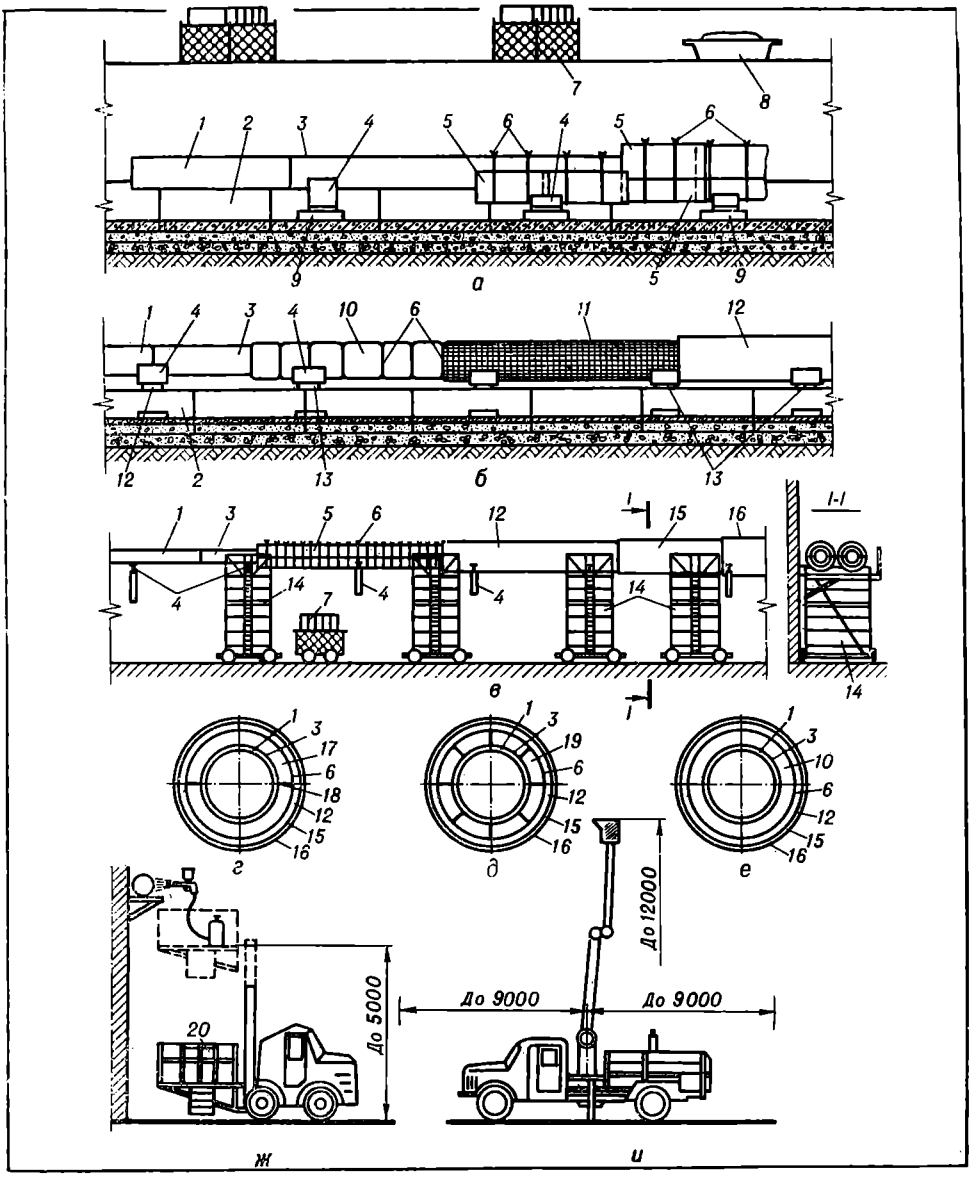


Рис. XII.8. Теплоизоляция труб:

в каналах: *а* — асбестоцементными скорлупами; *б* — минераловатными матами и металлической сеткой; в помещениях на опорах; *в* — схема выполнения процесса; *г, д, е* — порядок устройства изоляции из полуцилиндров, сегментов, сборно-монолитной; *ж* — окраска с передвижных подмостей; *и* — гидроподъемник; *1* — труба; *2* — железобетонный короб; *3* — слой грунтовки; *4* — скользящая опора; *5* — скорлупы нижняя и верхняя; *6* — проволочные скрутки; *7* — контейнер со скорлупами; *8* — ящик с цементным раствором; *9* — железобетонные подушки; *10* — минераловатные маты; *11* — металлическая сетка; *12* — штукатурка; *13* — временные лежни; *14* — передвижные подмости; *15* — ткань; *16* — слой краски; *17* — полуцилиндры; *18* — стыки; *19* — сегменты; *20* — самоходные подмости.

Схема укладки матов на трубопровод, обертывания его стальной сеткой и покрытия штукатуркой показана на рис. XII.8, *б*. Штукатурку можно заменить асбестоцементными скорлупами, что уменьшает трудоемкость и срок выполнения работ.

Монтажные стыки во всех покрытиях изолируют, как и трубы.

Теплоизоляцию трубопроводов, прокладываемых в закрытых (сухих) помещениях и технических подпольях, выполняют формованными (сборными) изделиями, а также в виде монолитных или сборно-монолитных (подвесных) конструкций (рис. XII.8, *в—е*). Формованные изделия изготовляют из газогипса, перлитобитума и других пористых теплоизоляционных материалов в виде сегментов в $^1/_2$, $^1/_3$ и $^1/_8$ цилиндра (рис. XII.8, *г—е*).

Готовые формованные изделия доставляют на стройку в контейнерах, затем насухо или на мастичной подмазке (из асбозурита или другого материала) попарно надевают на трубы и закрепляют вязальной проволокой. При укладке насухо толщина швов должна быть не более 1 *мм*, а на мастике — 3 *мм*. Все швы затирают мастикой в один или два слоя, потом слоем штукатурного раствора толщиной 10—15 *мм*, который после высыхания оклеивают мешковиной, тканью или рулонным материалом, затем окрашивают масляной краской условного цвета или под цвет помещения с передвижных подмостей или с гидроподъемника (рис. XII.8, *ж*, *и*). Трудоемкость устройства таких покрытий — 0,37—0,48 *чел.-ч/м*^{2} изолированной поверхности.

Для устройства *сборно-монолитной* или *набивной изоляции* на трубопровод сперва натягивают по предварительно установленным маячным блокам из теплоизоляционного кирпича (совелитового, трепельного и др.) металлическую сетку. Маяки крепят к трубе пеньковыми шпагатами. В свободное пространство между трубой и сеткой сверху, через швы, набивают минеральную вату, а сетку сшивают вязальной проволокой и штукатурят асбестоцементным или асбозуритовым раствором (слоем до 3 *см*). Делают это сразу после закрепления сетки, чтобы не допустить появления ржавчины.

Когда поверхность изоляции просохнет, ее затирают тонким слоем цементного раствора, покрывают горячей битумной мастикой и наклеивают слой рубероида, а внутри помещений — мешковины. Обертку окрашивают с передвижных подмостей (рис. XII.8, *ж*, *и*). Трудоемкость устройства такой изоляции очень велика (более 2 *чел.-дней/м*^{2}), что ограничивает ее применение.

§ 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИИ

Проверка качества и устранение обнаруженных дефектов изоляции — весьма ответственные технологические процессы. В их проведении различают четыре основных этапа: контроль качества применяемых материалов; проверку качества изготовления элементов покрытий; пооперационный контроль нанесения (укладки) покрытий на трубы и окончательной их отделки; проверку и приемку готовых покрытий.

Контроль качества материалов и изготовления покрытий. Все материалы, применяемые для изготовления гидро- и теплоизоляционных покрытий, должны удовлетворять требованиям ГОСТ и ТУ. На каждую партию поступающих материалов должны быть составлены протоколы лабораторных испытаний.

Готовые изоляционные покрытия должны обладать прочностью, достаточной для сохранности покрытия при перевозке, укладке и заделке стыков труб; водонепроницаемостью; диэлектрическими свойствами, характеризуемыми напряжением электрического тока (для нормальной изоляции — не менее 12 тыс. *в*; для усиленной — 24 тыс. *в*; для весьма усиленной — 36 тыс. *в*); теплоизоляционными свойствами (для теплоизоляционных покрытий), определяемыми коэффициентом теплопроводности не более 0,116 *вт/(м* · °С) [0,1 *ккал/(м* × × *ч* · °С)] и объемной массой не более 700 *кг/м*^{3}; адгезией (сцеплением покрытия с трубой и защитной оберткой), характеризуемой усилием на отрыв не менее 0,5 *Мн/м*^{2} (5 *кгс/см*^{2}); сплошностью и достаточной толщиной.

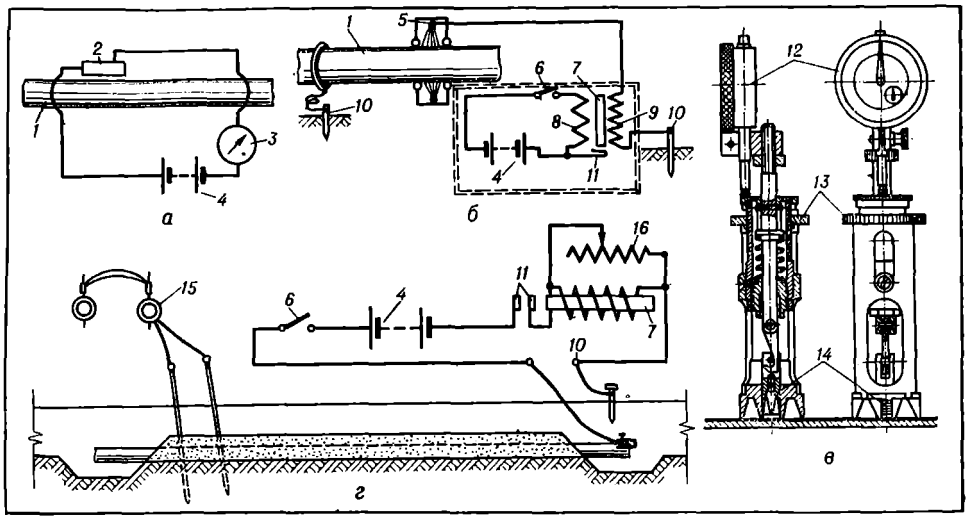


Рис. XII.9. Приборы для проверки качества гидроизоляционных покрытий трубопроводов:
а — толщиномер; *б* — искровой дефектоскоп; *в* — адгезиметр (слева разрез, справа общий вид); *г* — искатель повреждений; *1* — заизолированная труба; *2* — щуп; *3* — миллиамперметр; *4* — электробатарея (аккумулятор); *5* — кольцо разрядника; *6* — ключ; *7* — сердечник соленоида; *8, 9* — обмотки высокого и низкого напряжения; *10* — заземление прибора и трубы; *11* — высокочастотный прерыватель; *12* — индикатор; *13* — регулировочная гайка; *14* — сердечник эталона; *15* — наушники со щупами; *16* — реостат напряжения.

Первые три свойства обеспечиваются и контролируются при изготовлении покрытий, а остальные — во время нанесения или укладки покрытия на трубы. При заводском изготовлении покрытий их качество проверяют непосредственно на заводе, а в полевых условиях — на трассе (в стационарных или полевых лабораториях) с обязательным оформлением протоколов испытаний.

При изготовлении гидроизоляционных покрытий проверяют *дозировку составляющих материалов* — грунтовки и мастики, *температуру расплавленного битума*, а также *плотность грунтовки*, которая по ареометру должна быть не более 0,80—0,82. Для лабораторного анализа приготовленной мастики отбирают не менее одной пробы из каждого котла. Анализ проб проводят по основным показателям — температуре размягчения, растяжимости и прониканию иглы. Результаты фиксируют в специальном журнале и сопоставляют с требованиями ТУ.

В холодное время года применяют мастику заводского изготовления. В полевых условиях, чтобы придать нужную пластичность приготовляемой мастике, в нее добавляют осевое масло (3—5% — в зависимости от температуры воздуха).

Теплоизоляционные покрытия и их элементы изготовляют на заводах, где контролируют *соблюдение требований ГОСТ и ТУ*. При отсутствии сертификатов на изделия проверку делают в лабораториях строительно-монтажных организаций.

Пооперационный контроль. Проверка и приемка готовых покрытий. При нанесении гидроизоляционных покрытий проверяют их толщину и сплошность, диэлектрические свойства, а также сцепление покрытия с поверхностью трубы и защитной обертки, т. е. адгезию.

Толщину покрытия измеряют специальным прибором — индукционным толщиномером (рис. XII.9, *а*). Действие прибора основано на сохранении равновесия в электрическом мостике, расположенном в щупе прибора, при установке его на определенном расстоянии от стенки трубы. Шкала миллиамперметра градуирована в миллиметрах на два интервала: от 0 до 4,5 *мм* и от 2 до 10 *мм*. Изменение толщины покрытия вызывает разбалансировку мостика и от-

клонение стрелки миллиамперметра от нулевого положения. Замеры производят в разных местах трубы по ее окружности. Допуски на толщину антикоррозионной изоляции труб применяют в соответствии с ТУ от +0,3 до +0,5 *мм*.

Сплошность и диэлектрические свойства покрытия в заводских условиях проверяют искровым дефектоскопом (рис. XII. 9, *б*), создавая напряжение в электрической цепи прибора 12, 24, 36 тыс. *в*. При обнаружении сквозного отверстия или недостаточной толщине покрытия между щупом и трубой с треском проскакивает искра. Выявленные дефекты устраняют.

Адгезию проверяют специальным прибором — адгезиометром (рис. XII. 9, *в*), которым измеряют усилия, требуемые для отрыва металлического сердечника-эталона от испытываемого покрытия. Отрыв сердечника от покрытия свидетельствует о хорошей адгезии, а отрыв покрытия от трубы — о плохой. В обоих случаях величина усилия отрыва, измеряемая индикатором, должна быть не менее 0,5 *Мн/м*^{2} (5 *кгс/см*^{2}).

Окончательную проверку качества гидроизоляционного покрытия производят в траншее после укладки и частичной засыпки трубопровода прибором ИПИГ (рис. XII. 9, *г*). Один полюс подключают к заземленному штырю, другой — к трубопроводу. Надев наушники и переставляя щупы через каждые 0,6 *м* по бокам трубопровода, контролер перемещается вдоль трассы и по зуммеру в наушниках выявляет дефекты в изоляционном покрытии. При высококачественном покрытии зуммера нет.

На стройке ведется специальный журнал производства изоляционных работ. В нем систематически записывают результаты проверок изоляционного покрытия. К журналу прилагают сертификаты или протоколы лабораторных испытаний всех применяемых материалов и приготовляемой мастики. Все эти документы затем прилагают к акту сдачи-приемки трубопровода в эксплуатацию.

Пооперационный контроль при устройстве теплоизоляционных покрытий направлен на обеспечение требуемого качества и толщины покрытия, надежного крепления его к трубопроводу и защиты от увлажнения.

При устройстве набивной изоляции проверяют *уплотнение минеральной ваты* в пространстве между трубой и сеткой, *толщину слоя*, а также *равномерность и водонепроницаемость* покрывающего защитного слоя штукатурки. Степень уплотнения минеральной ваты зависит от ее марки: для марки 100 установлен коэффициент уплотнения 2, для марки 150—1,75, а для марки 200—1,5. Контроль за уплотнением ведут косвенно: проверяют не плотность, а количество (по массе) израсходованного материала. Уменьшение или увеличение расхода материала против нормы снижает качество покрытия. Так же тщательно проверяют *закрепление на трубопроводе стальной сетки* и ее продольных стыков.

Качество штукатурки, наносимой на теплоизоляционные покрытия, консистенцию раствора контролируют конусом ТермоЦКИС. Для первого слоя штукатурки консистенция должна быть на уровне 12—14 делений по конусу, для второго — 12—18.

Толщину готового теплоизоляционного покрытия проверяют щупом (металлическим стержнем диаметром 6 *мм* с заостренным концом и шкалой делений в 1 *мм*). Замеряют толщину изоляции в трех-четырех точках ее поперечного сечения в четырех-пяти местах по длине проверяемого участка.

При бесканальной прокладке труб уделяют внимание устройству гидроизоляционного покрытия поверх тепловой изоляции. Его качество контролируют так же, как и качество обычных гидроизоляционных покрытий.

Проверке подлежит и *объемная масса теплоизоляционного покрытия*. Для этого из готового и высушенного покрытия вырезают кубик с гранью, равной толщине покрытия. Замеры выполняют с точностью до 1 *см*^{3}, взвешивание — до 1 *г*.

Теплоизоляционные свойства покрытия определяют переносной поверхностной термопарой.

ПОДГОТОВКА К ПРОКЛАДКЕ ТРУБ

К подготовительным процессам относят доставку к месту строительства труб, звеньев и монтажных узлов, фасонных частей, арматуры и других элементов трубопровода; раскладку их вдоль фронта работ в соответствии с монтажно-маркировочной схемой; дополнительное укрупнение монтажных элементов; разметку осей трубопроводов и приемку оснований и опор для них; доставку и установку монтажного оборудования, рабочих приспособлений, подмостей, инструментов и пр. При прокладке труб по стенам зданий и конструкциям перекрытий к подготовительным процессам относят также разметку мест креплений труб, пробивку отверстий (для труб и креплений) и установку креплений.

От уровня организации подготовительных процессов во многом зависят качество и технико-экономические показатели прокладки труб. Большую роль играют заблаговременное изготовление на заводах и тщательная проверка качества всех применяемых заготовок, изделий и материалов.

§ 1. ДОСТАВКА ТРУБ И МОНТАЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Трубы, звенья и другие монтажные элементы доставляют к объектам строительства с заготовительных заводов, полевых трубосварочных баз и складов строительных организаций на специальных *автомашинах — трубовозах* (рис. XII. 10, *а*), которые имеют прицепы с длинным *водилом-роспуском*. Прицепы оборудованы деревянными насадками для удобной укладки звеньев и надежного их закрепления при перевозке. Размеры гнезд в насадках соответствуют диаметрам труб, а мягкие прокладки из пористой резины или войлока предохраняют изоляцию труб от повреждения. С этой же целью в местах опирания труб (они должны быть одинаковой длины) на их концы надевают специальные бандажи из деревянных реек, скрепляемых тросом.

При перевозке длинномерных звеньев (25—30 *м*) на трубовозах с обычными прицепами требуются большие радиусы разворота. **В городских условиях** это не всегда возможно. *Управляемые прицепы* позволяют сократить радиус разворота. **В полевых условиях,** и особенно при бездорожьи, трубы перевозят *тракторными тягачами* на спаренных двухосных *прицепах-роспусках* (рис. XII. 10, *б*).

Трубные заготовки для внутренних санитарно-технических систем доставляют на объекты обычными *бортовыми автомашинами* в контейнерах грузоподъемностью до 3 *т* (рис. XII. 10, *в*, *г*). Комплектуют элементы в контейнерах на одну или несколько захваток, на монтажный участок, этажестояк, блок промышленного здания и др.

Заизолированные трубы разгружают по одной *стропами-полотенцами*, а неизолированные (стальные) — пакетами по две-три трубы одновременно специальными *универсальными стропами*. Одиночные стальные трубы, а также чугунные, железобетонные и другие разгружают полуавтоматическими *клещевыми захватами*, а звенья керамических труб — с помощью *траверс* (рис. XII. 10, *д*). При укладке трубопроводов на опоры длинномерные звенья выгружают с трубовозов на лежни у опор (рис. XII. 10, *е*). Это удобно для последующего подъема звеньев на опоры.

Доставленные элементы раскладывают, руководствуясь монтажно-маркировочными схемами и принятыми методами укрупнительной сборки и устройства соединений труб.

В отдаленных и труднодоступных районах страны при строительстве магистральных газо- и нефтепроводов для перевозки труб и строительной техники применяют транспортные самолеты и вертолеты.

Самолеты АН-12Б могут перевозить грузы массой до 20 *т* при крейсерской скорости полета до 600 *км/ч*, в частности трубы диаметром 1200 *мм* и более, трубоукладчики и экскаваторы, трубовозы в разобранном виде (два самолета на одну машину).

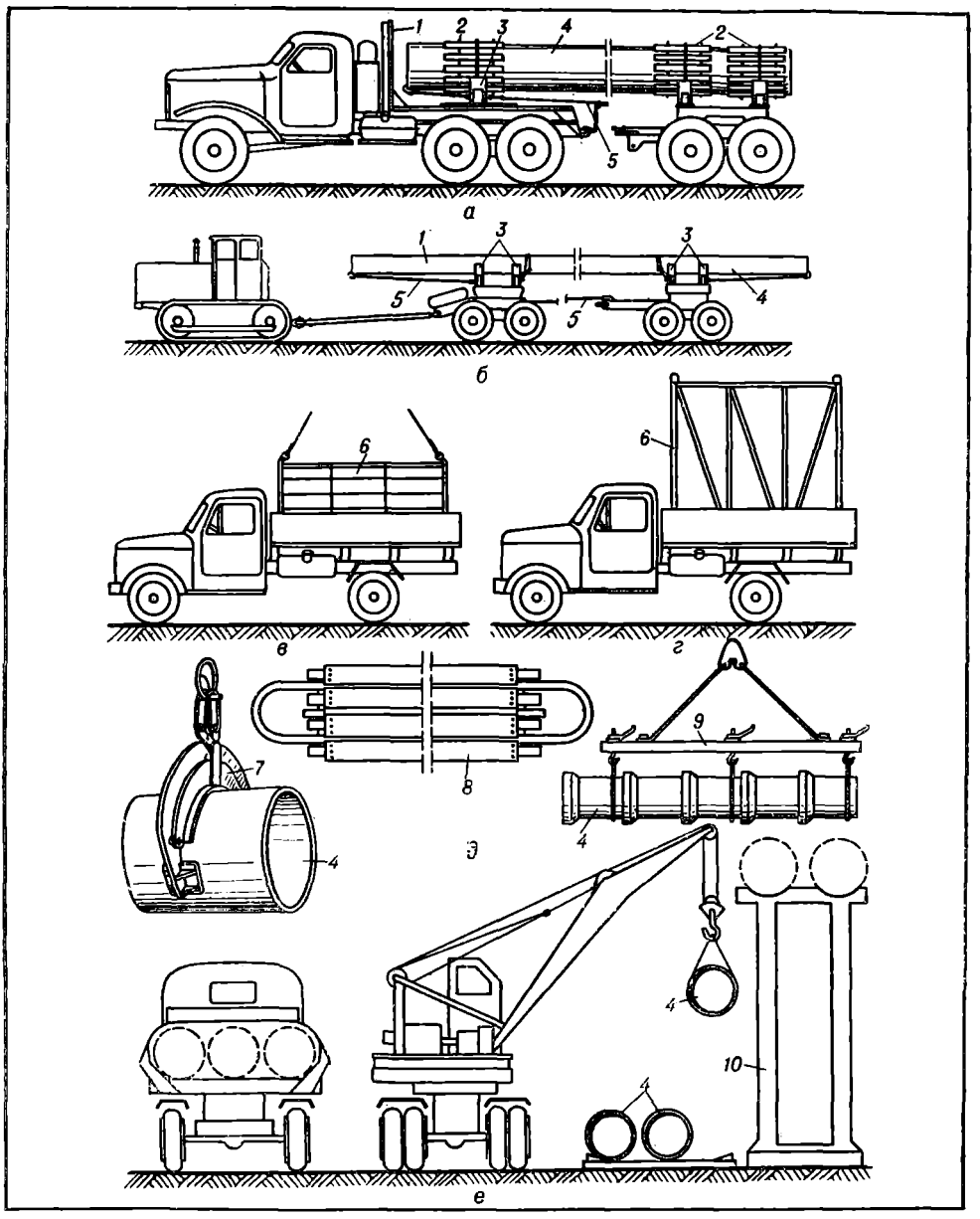


Рис. XII.10. Доставка и разгрузка монтажных заготовок:

а — доставка звеньев труб длиной до 20 *м* автотрубовозом; *б* — то же, более 20 *м* — тракторным тягачом с прицепами-роспусками; *в, г* — контейнерами; *д* — захватные приспособления; *е* — разгрузка и раскладка; *1* — противоударный щит; *2* — бандажи; *3* — насадки; *4* — звенья труб; *5* — тросовые тяги; *6* — контейнеры; *7* — кольцевой полуавтоматический захват; *8* — мягкий строп-полотенце; *9* — траверса; *10* — опора.

Размеры грузовой кабины самолета АН-22 («Антей») и его максимальная полезная нагрузка (80 *т*) позволяют перевозить любую машину, занятую в технологическом цикле строительства магистральных трубопроводов, без предварительной разборки, а в ряде случаев и одновременно две-три машины. Этим самолетом перевозят трубы, предварительно сваренные в звенья длиною до 24 *м*. Максимальная скорость самолета до 740 *км/ч*.

Вертолеты МИ-1 и МИ-4 используют в основном для перевозки бригад рабочих и доставки мелких грузов. Для перевозки крупногабаритных и тяжелых конструкций, элементов и деталей, механизмов, горюче-смазочных материалов в специальной таре и других грузов массой до 8 *т* используют вертолеты МИ-6.

Правила погрузки, перевозки и выгрузки труб и строительной техники самолетами и вертолетами предусматривают применение специальных комплектов механизмов и приспособлений для различных условий организации погрузочно-разгрузочных работ и типов самолетов и вертолетов, а также возможность парашютной выброски труб с самолетов (с обеспечением их сохранности во время приземления).

Для авиатранспорта должны быть подготовлены взлетно-посадочные полосы и временные аэродромы. Погрузочно-разгрузочные работы на этих аэродромах выполняют специально обученные такелажники.

§ 2. УКРУПНЕНИЕ МОНТАЖНЫХ УЗЛОВ

Доставленные на трассу трубы и монтажные узлы при необходимости укрупняют: звенья труб — в секции и плети длиной до 40 *м* и отдельные трубы — в звенья длиной 24 *м*.

На городских улицах внутри кварталов и на промплощадках степень укрупнения зависит от плотности зеленых насаждений в районе строительства, наличия опор линий электропередач и связи, насыщенности территории подземными коммуникациями и от других местных условий.

Укрупнение неметаллических труб требует дополнительных конструктивных мер, обеспечивающих жесткость и прочность соединений при подъеме и опускании укрупненных элементов, так как стыки таких звеньев не работают на растяжение. Для этого применяют специальные траверсы из деревянных или металлических балок, деревянные короба с вырезами, соответствующими наружному очертанию труб, и др. Общая длина таких укрупненных элементов, например для керамических труб, не превышает 2,4—6 *м* (рис. XII.10, *д*) при длине отдельных труб 0,8—1,2 *м*.

В полевых условиях звенья длиной до 40 *м* заготовляют на сварочных базах, а укрупняют в бесконечные плети на бровке траншей.

Монтажные узлы **внутренних трубопроводов** доставляют на стройки в укрупненном виде. Размеры узлов устанавливают исходя из условий транспортирования и соизмеряют с конструктивным решением внутридомовых санитарно-технических систем и габаритами помещений, в которых ведется монтаж. Дополнительно эти заготовки обычно не укрупняют.

Непосредственно на стройке укрупняют чаще всего заготовленные на заводах монтажные узлы вентиляционных систем. Элементы их прямых участков имеют длину до 20 *м*. Их изготовляют из листовой или рулонной стали толщиной 0,6—1 *мм* спирально-навивочным методом и соединяют на фальцах или на сварке (при толщине листов 1,5—2,5 *мм*). Фасонные части устанавливают на фальцевых муфтах, на фланцах или на сварке.

Элементы и узлы воздуховодов из винипласта из-за их повышенной хрупкости изготовляют в специально оборудованных мастерских, размещаемых чаще всего на строительных объектах. Для подъема таких укрупненных элементов применяют специальные траверсы с жесткими подкладками, обеспечивающими равномерное распределение усилий.

§ 3. РАЗМЕТКА ОСЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ И УСТАНОВКА КРЕПЛЕНИЙ

При разметке осей трубопроводов большое внимание уделяют соблюдению проектных отметок, углов поворота и укло-

нов. Оси трубопроводов, прокладываемых по отдельным опорам, в траншеях, каналах и галереях, размечают при выполнении подготовительных работ (см. рис. XII.1). На этом же этапе опорные поверхности подготовляют к укладке труб.

Отмечая места расположения арматуры, приборов и фасонных частей (отводов, тройников и т. п.), одновременно фиксируют места установки креплений на опорах, расстояния между которыми в зависимости от назначения трубопроводов, диаметра труб и наличия на них изоляции принимают 1,5—8 *м*. При разметке пользуются обычным комплектом измерительных инструментов и цветными мелками.

Для закрепления различных трубопроводов на опорах применяют несколько типов креплений: с консольной заделкой, разжимные и затяжные, подвесные и забивные.

Для крепления с консольной заделкой в ограждающих конструкциях просверливают отверстия, глубина и диаметр которых должны соответствовать размерам заделываемой части консоли. Например, для креплений внутренних трубопроводов глубина отверстий должна быть до 170 *мм*, а их диаметр — до 28 *мм*. Консоли после установки и выверки заделывают цементным раствором и нагружают только на седьмой день.

На устройство консольных креплений расходуется сравнительно много металла. Эти крепления требуют сверления больших отверстий, соблюдения технологических перерывов для твердения раствора и др. Поэтому в массовом строительстве применяют более индустриальные типы креплений, способные воспринимать проектную нагрузку сразу после их установки. Это — разжимные и затяжные крепления (шурупы и винты с муфтами). Для их установки также нужно предварительно просверливать отверстия.

Разжимные крепления чаще всего применяют при установке санитарно-технических и электрических приборов.

В затяжных креплениях свободное пространство отверстия заполняют уплотняющими вставками (ими могут быть винты, болты с обоймами, клинья, коленчатые болты и др.). Затяжные крепежные элементы удерживаются в материале ограждения силой трения. В зависимости от прочности этого материала усилия выдергивания достигают 5000 *н* (500 *кгс*).

Подвесные крепления для воздуховодов устанавливают, например, у каждой фасонной части и не реже чем через 2—2,5 *м* на прямых участках. Уклоны обеспечивают с помощью винтовых подвесок переменной длины.

Подвески в виде различных хомутов с крючьями прикрепляют к строительным конструкциям на сварке, болтами или дюбелями (штырями).

Забивные крепления (дюбеля или штыри) устанавливают в высокопрочных ограждающих конструкциях (железобетон, кирпич, гранит). Удерживаются они также силой трения, возникающей при уплотнении материала стены. Дюбелями крепят консоли, кронштейны, подвески и другие опоры трубопроводов и строительные конструкции, например металлические сетки для штукатурки. Такие крепления устанавливают строительно-монтажным пистолетом с набором патронов.

Выдергивающее усилие, например для дюбеля диаметром 8 и длиной 55 *мм*, забитого в бетон марки 200, колеблется в пределах 1500—3750 *н* (150—375 *кгс*), а в бетоны марок 300—400 — от 5000 до 8000 *н* (от 500 до 800 *кгс*).

Забивные крепления устанавливает звено из двух рабочих, строго соблюдая требования безопасности.

§ 4. ПРИЕМКА ОПОР И ОСНОВАНИЙ

Работы по установке опор и устройству фундаментов, а также возведению других строительных конструкций, используемых в качестве опор для трубопроводов (рытье траншей, сооружение каналов, галерей, тоннелей, колодцев, компенсаторных ниш и др.), выполняют общестроительные, а иногда специализированные монтажные организации.

По окончании работ производят инструментальную проверку и приемку опор, фундаментов, траншей, искусственных оснований и других опорных конструкций, чтобы удостовериться в выполнении требований проекта и ТУ к укладке трубопроводов в проектное

положение (горизонтальность или соблюдение заданного уклона, высота расположения труб, соответствие опорных конструкций проектным требованиям и т. п.). Приемку работ оформляют приемо-сдаточным актом.

Глава 5

ПРОКЛАДКА ТРУБ

Трубы и другие монтажные элементы трубопроводов укладывают на заранее подготовленные и выверенные опоры или основания.

Прокладка трубопровода состоит из подъема (опускания) и установки монтажных элементов (звеньев, фасонных частей, арматуры и др.) на опорные поверхности несущих конструкций; временного закрепления на опорах и соединения монтажных элементов; установки на трубах скользящих и неподвижных опор; предварительного испытания смонтированного участка; устранения выявленных дефектов; выверки и окончательного закрепления (замоноличивания) монтажных стыков и неподвижных опор; изоляции труб (или только монтажных стыков); окраски; окончательного испытания; промывки (продувки) и подключения к действующим сетям.

§ 1. МОНТАЖ ВНУТРЕННИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Особенности монтажа внутренних трубопроводов определяются конструкцией узлов, изготовляемых на заводах по специальным чертежам монтажного проекта.

В жилищном строительстве все заготовки комплектуют по стоякам, на квартиру или на жилую секцию, в гражданском — на этаж, а в промышленном — на этаж или на пусковой блок.

Для систем холодного и горячего водоснабжения монтажные элементы (трубные заготовки) изготовляют в виде *поэтажных стояков* с приваренными к ним штуцерами для подключения санитарных, газовых и других приборов с помощью гребенок, опусков и т. п. и *участков магистралей* со штуцерами для подключения стояков (см. рис. XII. 2, *а*). Трубные заготовки укомплектовывают *средствами крепления* и *арматурой*. На строительных объектах все эти элементы соединяют в общую систему. Монтаж завершается установкой *приборов* (кухонных раковин, смывных бачков, умывальников, ванн и др.) и *арматуры* водоразборных точек. Приборы и арматуру устанавливают после окончательного испытания трубопроводов и оштукатуривания помещений, но перед их окраской.

В системах отопления монтажные элементы представляют собою *поэтажные стояки*, *участки распределительных магистралей* и *отопительные блоки*, включающие в себя нагревательные *приборы* и *подводку* к ним от стояков (см. рис. XII.2, *б*). Процесс монтажа состоит в установке всех элементов в проектное положение (согласно монтажно-маркировочной схеме) и соединении их в общую систему. Соединения выполняют *муфтами на резьбе*, а также с помощью коротких *вставок* из труб с короткой резьбой на обоих концах и *сгонов* с контргайками.

Для компенсации отклонений в размерах к одному из концов монтажных элементов приваривают стальные *гладкие муфты* (стаканчики) длиной до 80 *мм* и внутренним диаметром на 1—2 *мм* больше наружного диаметра соединяемых труб. Монтажные стыки в этих местах выполняют на сварке (газовой или электрической под защитой CO_2 и др.).

Для систем канализации монтажные элементы готовят в виде *поэтажных стояков* и *гребенок* для подключения *приборов* (см. рис. XII. 2, *в*) и соединяют *раструбами*, которые уплотняют просмоленной прядью и асбестоцементной или песчано-цементной смесью, а при сборке на заводе — серой.

В системах газоснабжения монтажные элементы — это также *поэтажные*

стояки и *участки распределительной сети* с *отводами* и *опусками* к газовым приборам (см. рис. XII. 2, *г*). Монтажные элементы соединяют сваркой или на резьбе. Для подключения приборов и удобства демонтажа системы в нужных местах устанавливают *сгоны*.

В жилищном и гражданском строительстве монтаж систем водоснабжения и канализации, отопления и газоснабжения в связи с относительно небольшой массой монтажных элементов (от 2—3 до 50—60 *кг*) ведут вручную, а подачу на этажи комплектов в пакетах — монтажными кранами. В промышленном строительстве для этой цели в ряде случаев используют подъемно-транспортные средства, установленные для обслуживания технологического оборудования цехов (краны, тельферы и др.).

Вентиляционные системы из металлических воздуховодов монтируют легкими переносными лебедками, которые укрепляют на строительных конструкциях, или легкими монтажными кранами. В обоих случаях для подъема деталей и узлов используют траверсы и стальные стропы (рис. XII. 10, *д*). Все монтажные стыки воздуховодов устраивают на фланцах. Для монтажа вентиляционных систем и устройства монтажных стыков на высоте используют телескопические вышки, легкие передвижные подмости и гидроподъемники (см. рис. XII. 8, *в*, *ж*, *и*).

Винипластовые воздуховоды во время монтажа в местах строповки оснащают резиновыми подкладками, предохраняющими трубы от механических повреждений. Стыки собирают на резиновых прокладках и гибких вставках, компенсирующих линейное расширение винипластовых труб.

После выверки смонтированные участки воздуховодов закрепляют на опорных поверхностях.

Звено монтажников внутренних систем водоснабжения, отопления и газоснабжения состоит обычно из трех слесарей-сантехников. Сварщик входит в состав специализированной бригады сантехников из 12—15 чел. Состав звена по монтажу вентиляционных систем — 5—6 чел.

§ 2. УКЛАДКА ВНЕШНИХ СЕТЕЙ

При укладке напорных внешних сетей монтажные элементы поднимают непосредственно с мест их раскладки или укрупнения и устанавливают на опорные поверхности. Трубы (одиночные и звенья) диаметром более 600—700 *мм* монтируют с транспортных средств (с колес), если проектом не предусмотрена укрупнительная сборка.

Монтаж выполняют кранами, средствами малой механизации (тали, домкраты, переносные треноги с лебедками и др.) и вручную. Краны выбирают в соответствии с массой и габаритами монтажных элементов. При составлении вариантов схем монтажа учитывают высоту подъема (или глубину опускания) элементов и особенности строительной площадки.

Рабочий вылет стрелы крана l_c и высота подъема его крюка H определяются высотой опор для прокладки труб, глубиной и шириной (по верху) траншей, длиной монтажных элементов, их размещением по трассе и выбранной схемой выполнения процесса.

В зависимости от перечисленных условий требуемый вылет стрелы крана (рис. XII.11) будет:

$$l_c = 0{,}5b + mh_т + l_{бр} + d_н + 0{,}5 + 0{,}5Б_к \text{ м (рис. XII.11,}а\text{)};$$

$$l_c = 0{,}5b + mh_т + l_{бр} + 0{,}5Б_к \text{ м (рис. XII.11,}б\text{)};$$

$$l_c = 0{,}5Б_к + 0{,}5 + d_н + L \text{ м (рис. XII.11,}в\text{)},$$

где 0,5 — минимальное свободное пространство между подготовленной к укладке трубой и краном; b — половина ширины траншеи по низу; m — коэффициент откоса; $h_т$ — глубина траншеи; $l_{бр}$ — ширина свободной незагруженной бровки (по условиям техники безопасности — не менее 1 *м*); $d_н$ — наружный диаметр трубы; $Б_к$ — база (ширина) шасси или расстояние между выносными опорами крана; L — расстояние между осями подготовленной к укладке трубы (звена) и опоры.

Высота подъема крюка крана (рис. XII. 11, *в*)

$$H = h + a_1 + d_н + l_п + l_1 \text{ м},$$

где h — высота опоры; a_1 — высота

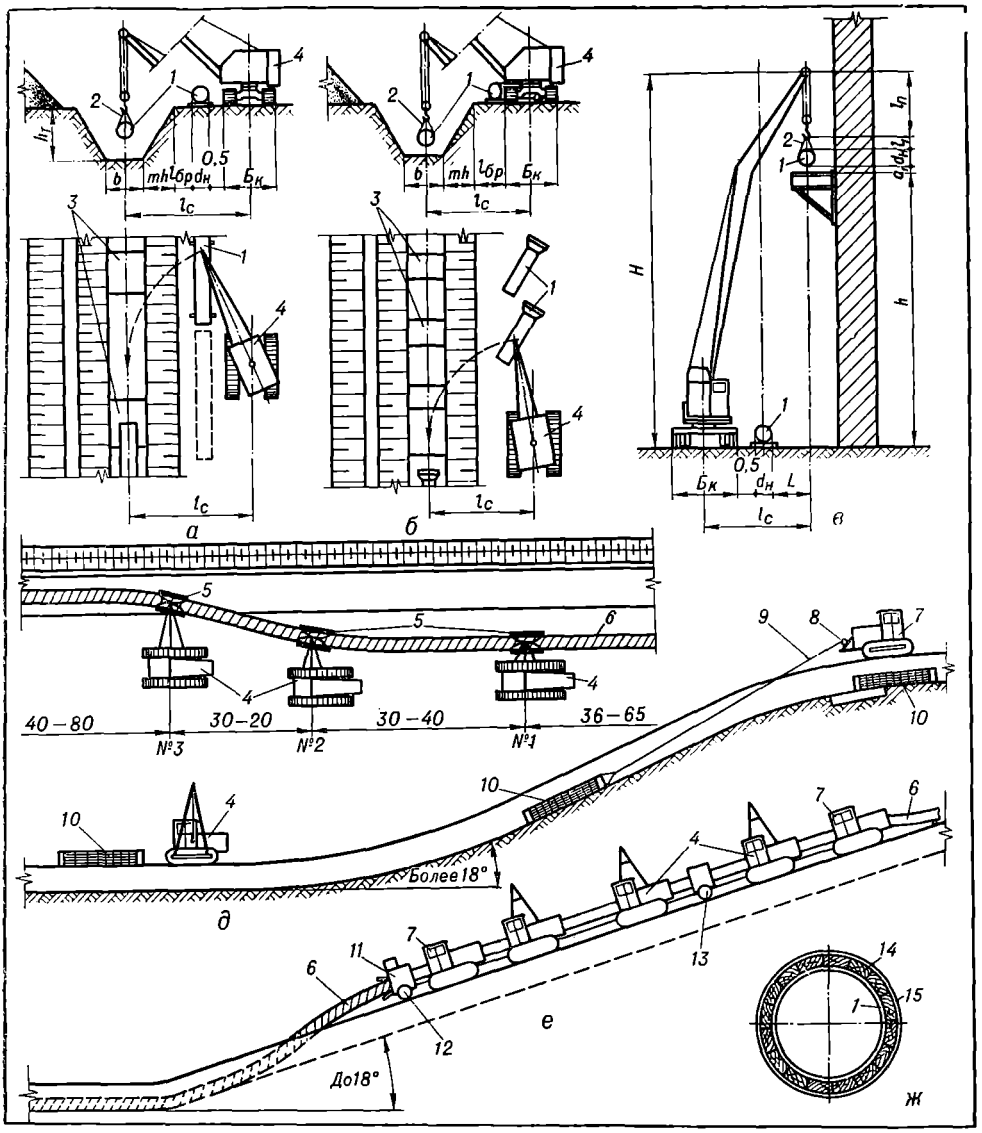


Рис. XII.11. Схемы укладки труб внешних сетей:

а — при длине звеньев более 18 *м*; *б* — то же, менее 18 *м*; *в* — на кронштейнах; *г* — бесконечной плети тремя кранами-трубоукладчиками; *д* — одиночными звеньями на склонах более 18°; *е* — бесконечных плетей на склонах менее 18°; *ж* — футеровка трубы; *1* — трубные заготовки; *2* — стропы; *3* — приямки; *4* — краны-трубоукладчики; *5* — стропы-полотенца; *6* — бесконечная плеть; *7* — трактор; *8* — лебедка; *9* — тяговый канат; *10* — футерованные трубы; *11* — изоляционная машина; *12* — опорный каток; *13* — очистительная машина; *14* — футеровка (деревянные рейки); *15* — проволочная скрутка.

подъема монтажного элемента над опорой; $l_п$ — минимальная длина полиспаста крана; l_1 — высота захватного приспособления.

Для окончательного выбора крана сравнивают технико-экономические показатели намеченных схем монтажа (см. гл. 2 разд. VIII).

В городских условиях, на уличных проездах с усовершенствованным дорожным покрытием, применяют краны на автомобильном или пнев-

моколесном ходу. Монтаж ведут чаще всего с колес раздельным методом.

Стальные трубопроводы в стесненных условиях монтируют из одиночных труб или звеньев, испытанных и заизолированных на заводах. В благоприятных условиях трубы укрупняют в плети (длиной до 40 *м*) на бровке, затем укладывают в траншеи. *Чугунные, железобетонные* и другие трубы укладывают только по одной. *Керамические трубы* перед укладкой укрупняют в звенья.

В полевых условиях применяют гусеничные краны (трубоукладчики, краны-экскаваторы и др.), обладающие хорошей проходимостью. Трубы при монтаже стропят, как и при разгрузке (см. с. 379). Затем их поднимают и укладывают на опоры или плавно опускают в траншею (канал). В этом случае трубу поднимают над поверхностью земли не более чем на 1 *м*. Если траншея имеет крепления с распорками или пересекается коммуникациями, монтируемый элемент заводят под них. Иногда некоторые распорки креплений приходится временно снимать, а коммуникации перекладывать или огибать трубопроводом. Опустив трубу, снятые распорки креплений восстанавливают, а стропы плавно освобождают (выдергивать их запрещается). В пределах призмы обрушения грунта нельзя раскладывать трубы и допускать движение кранов. Если этого в стесненных условиях нельзя избежать, крепления рассчитывают на нагрузку от призмы обрушения с учетом массы труб, кранов, транспорта и т. п.

Трубы диаметром 150—200 *мм* укладывают при помощи средств малой механизации — треног. Секции труб длиною более 36 *м* и бесконечные плети в полевых условиях монтируют четырьмя или тремя кранами-трубоукладчиками — в зависимости от принятого метода укладки. Расстояние между кранами выбирают с учетом их грузоподъемности, диаметра и массы труб. Общая протяженность фронта работ трубоукладочной колонны — от 66 до 84 *м*. Длина приподнятого для укладки трубопровода составляет при этом 130—220 *м* (см. рис. XII. 6, *в*).

При больших объемах работ и благоприятном рельефе местности в полевых условиях наиболее широко применяют совмещенный метод, при котором трубы очищают, изолируют и укладывают в одном технологическом потоке — непосредственно на трассе (см. с. 367 и рис. XII.6, *в, г*). Темп работы такой трубоукладочной колонны достигает 1 *км* в смену.

Совмещенный метод возможен и при повышении уклона местности до 18°. В этих случаях комплект машин изоляционно-укладочной колонны дополняют удерживающими средствами, предохраняющими машины от самопроизвольного сползания под уклон. Например, при уклонах до 10° применяют один трактор-тягач; при бо́льших уклонах — два: один — для трубоукладчиков и очистительной машины, другой — для изоляционной машины, которую для повышения устойчивости оснащают штангой с опорным роликом. В качестве удерживающих средств используют также лебедки.

При небольших объемах работ и меняющемся рельефе местности работы ведут раздельным методом. Темп работы такой трубоукладочной колонны с тремя кранами-трубоукладчиками достигает 1 *км* в смену (рис. XII.11,*г*). Первым краном поднимают заизолированный трубопровод с помощью мягких стропов-полотенец на высоту до 1 *м* при наименьшем вылете стрелы и, опуская стрелу (не крюк!), в висячем положении подвигают его к траншее на 1—1,2 *м*. Вторым трубоукладчиком, который копирует движения первого, поднимают следующую часть трубопровода на 1,2—1,5 *м* и также на весу подвигают его еще ближе к оси траншеи, а третьим — на высоте не более 1 *м* окончательно центруют трубопровод по проектной оси траншеи и опускают его на дно, после чего снимают стропы и этот кран занимает место первого крана. Далее второй кран работает уже как третий, а первый — как второй и т. д.

Когда на трассе встречаются крутые (более 18°) и относительно короткие склоны, по которым возможен проезд гусеничным транспортом, подготовку звеньев организуют у подножья склона. К месту укладки их доставляют кранами-трубоукладчиками (двумя или

более — в зависимости от условий), удерживая их на крюках.

Если же передвижение кранов по склонам невозможно, звенья поверх изоляции (для ее предохранения) футеруют деревянными рейками, которые стягивают проволочными скрутками (рис. XII.11,*д*,*ж*), и волоком — по дну траншеи — подтягивают к месту укладки лебедкой, установленной на вершине склона или на промежуточных площадках (когда склон очень длинный).

Тепловые сети с армопенобетонной или битумоперлитовой изоляцией монтируют непосредственно с транспортных средств или с предварительной раскладкой. Монтажные элементы стропят и поднимают стальными стропами, захватывая трубы стропами-полотенцами. Звенья, уложенные на опоры (или основание), сваривают, испытывают, затем изолируют стыки (рис. XII.12,*а*).

При монтаже *тепловых сетей из неизолированных звеньев* в непроходных железобетонных каналах трубопроводы собирают на деревянных лежнях, выкладываемых на стенках каналов (см. рис. XII.8,*б*). Затем сваривают стыки,

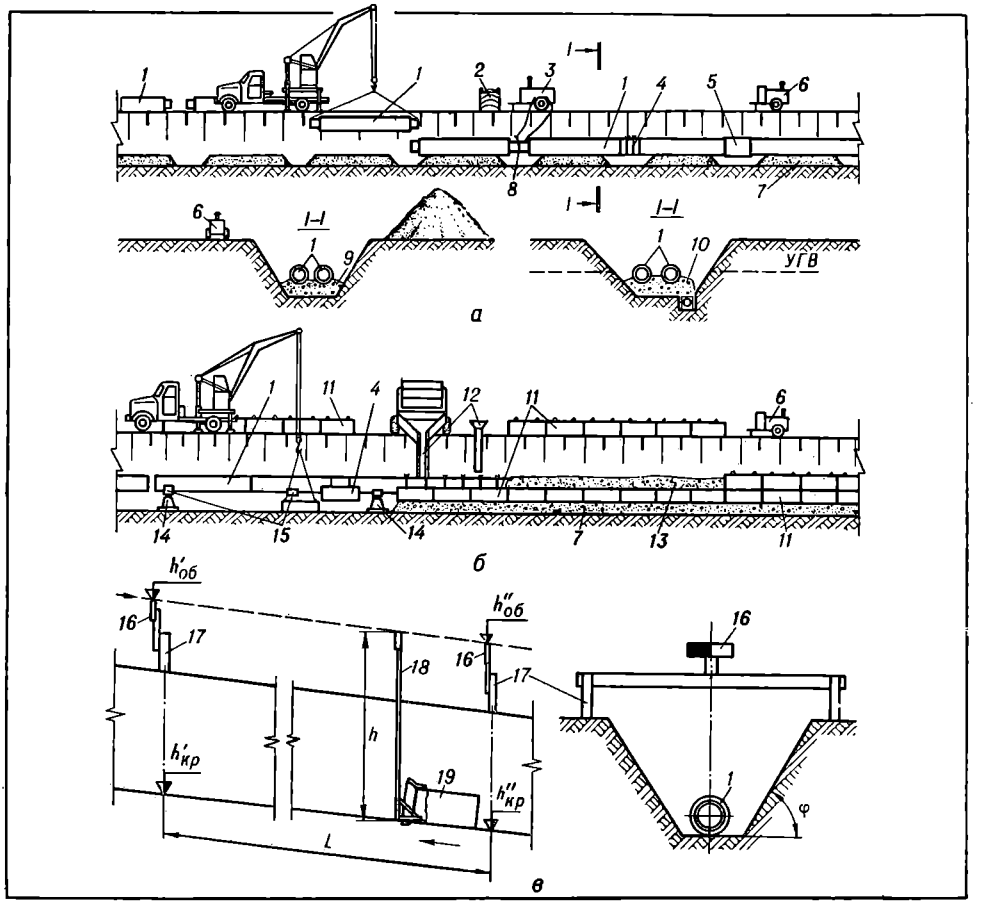


Рис. XII.12. Монтаж тепловых сетей (бесканальная прокладка):

а — с армопенобетонной или битумоперлитовой теплоизоляцией; *б* — в железобетонных скорлупах; *в* — перенос в натуру проектного уклона; *1* — заизолированные трубы; *2* — контейнер с полуцилиндрами для изоляции монтажных стыков; *3* — электросварочный агрегат; *4* — проволочные скрутки (подвески); *5* — гидроизоляция стыка; *6* — котел для нефтебитума; *7* — щебеночная подушка; *8* — сварка стыка; *9* — бетонное основание; *10* — то же, с дренажом; *11* — нижние и верхние полуцилиндры; *12* — желоб для подачи щебня (цементного раствора); *13* — минеральная вата; *14* — домкраты; *15* — скользящие опоры; *16* — постоянные (пришивные) визирки; *17* — обноска; *18* — ходовая визирка; *19* — труба; ← — направление укладки и визирования; УГВ — уровень грунтовых вод.

приваривают к трубам скользящие опоры, вынимают лежни и опускают секции в канал на подготовленные подушки. Сваренный и уложенный между двумя камерами переключения трубопровод испытывают, наносят теплоизоляционное покрытие и закрывают канал.

Тепловые сети с изоляцией из железобетонных скорлуп (рис. XII.12,*б*) устраивают в такой последовательности. На подготовленное естественное или искусственное основание устанавливают металлические козелки с винтовыми домкратами для точной установки труб по проектному уклону. На козелках монтируют трубопровод. После его выверки и испытания под трубопровод подводят нижние полуцилиндры (с выложенными на их дне минеральной ватой и опорными подушками) и прикрепляют их к трубам проволочными подвесками, которые вдевают в монтажные петли. Под скорлупы подсыпают песчаную или щебеночную подушку и замоноличивают (изнутри) цементным раствором поперечные швы, потом разравнивают и уплотняют находящуюся внутри скорлуп минеральную вату. После выверки уложенный трубопровод покрывают сверху слоем минеральной ваты, слегка уплотняют ее и закрывают верхними полуцилиндрами. Поперечные и продольные швы скорлуп замоноличивают цементным раствором (снаружи) и после их просушки покрывают скорлупы горячим нефтебитумом.

Самотечные трубопроводы и коллекторы укладывают с уклоном. Для переноса проектного уклона в натуру и контроля за его соблюдением вдоль трассы в местах устройства смотровых колодцев устанавливают обноски (рис. XII.12, *в*), на которых по оси трубопровода закрепляют постоянные визирки и стальную струну. На струне подвешивают отвес, острие которого должно совпадать с риской (осью трубы) на шаблоне, вставляемом в укладываемую трубу. Длину переносной визирки $h_{\text{пер.в}}$ и соответствующие ей отметки постоянных визирок определяют так. На одной из обносок произвольно закрепляют постоянную визирку, затем нивелируют, привязав ее отметку к реперу. Длина переносной визирки определяется как разность полученной отметки визирки $h'_{\text{об}}$ и красной отметки лотка данного колодца: $h_{\text{пер.в}} = h'_{\text{об}} - h'_{\text{кр}}$.

Отметку постоянной визирки на другой обноске определяют как сумму красной отметки лотка этого колодца и полученной длины ходовой визирки: $h''_{\text{об}} = h''_{\text{кр}} + h_{\text{пер.в}}$.

На лоток уложенной трубы ставят переносную визирку. При правильной укладке все три визирки (две постоянных, прикрепленных к обноскам, и переносная) расположатся своими кромками по одной визуальной линии. После этого трубу или звено закрепляют, подбивая постель, а стык заделывают и переходят к укладке следующей трубы.

По окончании укладки труб между смежными смотровыми колодцами окончательно проверяют прямолинейность участка, установив зеркало под углом 60° к горизонту в одном из колодцев. Если в зеркале отразится круглое сечение трубы, значит, качество укладки хорошее. Если сечение имеет овальную форму, надо устранить дефект прокладки.

Временное закрепление труб. При прокладке стальных труб диаметром более 100 *мм* собранные стыки центруют (см. рис. XII.3, *а*) и закрепляют электроприхватками. Трубы небольших диаметров (до 100 *мм*) крепят к временным (монтажным) опорам проволочными скрутками. В раструбных трубах собранный стык, и особенно кольцевой зазор, закрепляют расклиниванием.

Резка труб. В процессе укладки, когда требуется, стальные трубы режут ацетилено-кислородным пламенем. Чтобы укоротить керамические трубы, на них топором или кирочкой постепенно наносят насечки, углубляясь за каждый проход на 2—3 *мм*: когда глубина насечки достигает $^3/_4$ толщины стенки трубы, отсекаемый кусок небольшим усилием отламывают. Бетонные и железобетонные трубы перерубают пневматическим молотком, однако ширина перерубa при этом получается большая — до 10 *см*. Более эффективен метод взрыва с помощью электродетонатора и детонирующего шнура. В зависимости от

диаметра и толщины стенки трубы ее три—пять раз обвивают детонирующим шнуром. После взрыва образуется полоса раздробленного бетона шириной 2—3 *см*. Удалив куски бетона, без особого труда перерезают арматуру.

На заготовительных предприятиях трубы внутридомовых сантехнических систем режут корундовыми дисками толщиной 5—6 *мм*. Срез получается очень чистый, не требующий дополнительной обработки.

При соединении трубных заготовок надо соблюдать технологию устройства принятого типа стыка (см. с. 357—365). В необходимых случаях, учитывая особенности производства работ, например на высоте, трубы подмащивают, закрепляют монтажными поясами за постоянные конструкции и выполняют другие мероприятия по технике безопасности. При работе на дне траншей согласно СНиП III-Б.1-71 устраивают приямки, крепят стенки траншей и приямков и др.

После устройства стыков на монтажном участке, в частности при укладке тепловых сетей в каналах или при открытой прокладке по стенам и другим конструкциям, устанавливают опоры (скользящие и неподвижные). При укладке водоводов из раструбных труб, стыки которых не работают на растяжение, на поворотах трассы устанавливают постоянные упоры. Аналогично закрепляют трубы и на крутых склонах (более 0,05). На самотечных линиях возводят смотровые и перепадные колодцы.

Для предохранения от случайных повреждений в траншеях трубы сразу после окончания монтажа присыпают слоем песка или рыхлого грунта на 20—25 *см* выше шелыги. Засыпку производят тонкими слоями (10—15 *см*), тщательно уплотняя грунт и подбивая равномерно пазухи по обе стороны уложенного трубопровода. Для этого применяют экскаваторы (с ковшом-грейфером) или специальные траншеезасыпатели (см. с. 62). Окончательно траншеи засыпают бульдозерами с поворотным отвалом также послойно (по 25—30 *см*), смачивая слои грунта и уплотняя их вибро- или пневмотрамбовками.

§ 3. ИСПЫТАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

По окончании основных монтажных работ трубопроводы испытывают. Различают предварительное и окончательное испытание. Назначение первого — выявить дефекты монтажа, второго — убедиться в надежности системы.

Все испытания внутридомовых систем выполняет звено из трех слесарей-сантехников (6; 5 и 3-го разрядов) до начала малярных работ.

Испытание может быть гидравлическим (отопление, теплосети, водоводы горячей и холодной воды, канализация) и пневматическим (водоводы, газопроводы, воздуховоды).

Гидравлическое испытание *внутренних систем холодного и горячего водоснабжения* (см. рис. XII, 2, *а*, узел *А*) проводят до установки водоразборной арматуры (взамен устанавливают заглушки) давлением воды, равным рабочему плюс 0,5 *Мн/м*^{2} (5 *ати*), но не более 1 *Мн/м*^{2} (10 *ати*) в течение 10 *мин*. Падение давления не должно превышать 0,1 *Мн/м*^{2} (1 *ати*). Зимою гидравлическое испытание следует проводить после пуска системы отопления.

Внутренние системы водяного отопления (см. рис. XII.2, *б*) испытывают давлением, превышающим на 0,1 *Мн/м*^{2} (1 *ати*) рабочее давление. Во всех случаях испытательное давление должно быть не менее 0,3 *Мн/м*^{2} (3 *ати*) в самой низкой точке системы. Перед испытанием отключают котлы, тепловые пункты и расширительные сосуды. При заполнении водой из всей системы должен быть удален воздух. Система считается выдержавшей испытание, если в течение 5 *мин* показания манометра уменьшатся не более чем на 0,02 *Мн/м*^{2} (0,2 *ати*). При испытании систем, работающих от районных ТЭЦ, величину испытательного давления принимают по согласованию с дирекцией ТЭЦ. Выявленные дефекты исправляют, затем испытание повторяют. После гидравлического испытания отопительную систему проверяют на тепловой эффект и регулируют нагревательные приборы.

В зимних условиях испытание проводят только в утепленных помещениях. Систему постепенно (по одному-двум

стоякам) заполняют горячей водой (без гидравлического испытания). За ее работой устанавливают круглосуточное наблюдение. Если она работает нормально не менее трех месяцев, ее принимают в эксплуатацию.

Внутренние канализационные трубопроводы и водостоки испытывают до подключения приборов. Стояки поочередно заполняют водой на высоту этажа (сверху вниз). Все крышки ревизий и отверстия гребенок заглушают и выдерживают систему под давлением в течение 10—15 *мин*. Срок испытания можно сократить, применив приспособление Пряникова (см. рис. XII.2,*в*, узел *Б*). Его устанавливают на ревизии стояка нижележащего этажа и, перекрывая сечение, перепускают воду из верхнего стояка в стояк нижнего этажа.

Испытание внутренних систем газоснабжения (см. рис. XII.2,*г*, узел *В*) выполняют давлением воздуха, создаваемым ручным насосом, в три этапа.

Сначала (по окончании монтажа и визуальной проверки) газопровод испытывают при включенных приборах с обмыливанием всех соединений и продольных швов труб, после устранения дефектов испытание повторяют.

На втором этапе газопровод испытывают на участке от отключающего устройства на вводе в дом до кранов на опусках к приборам в течение 10 *мин*.

Третий этап — испытание на плотность — осуществляют при подключенных приборах в течение 5 *мин*.

Воздуховоды подвергают пневматическим испытаниям на плотность.

Внешние сети испытывают в два-три этапа: сначала отдельные участки трубопроводов в незасыпанных траншеях, затем — законченные и засыпанные трубопроводы в соответствии с принятой организацией работ и установленными границами пусковых комплексов.

Испытание внешних сетей, как и внутренних, может быть гидравлическим с использованием опрессовочных агрегатов (рис. XII.13, *а, б*) и пневматическим — с помощью компрессоров (рис. XII.13, *в, г*).

Испытание проводят в соответствии с требованиями СНиП III-30-74: величину испытательного давления P_a принимают в зависимости от назначения трубопровода, вида применяемых труб, величины рабочего давления $P_р$ и способа устройства стыков.

По окончании испытания очищают внутреннюю полость трубопровода *промывкой* — пропуском большого количества воды при повышенных скоростях (при гидравлических испытаниях) или продувкой (сжатым воздухом при пневматическом испытании) и устанавливают всю требуемую оснастку трубопровода.

Тепловые сети промывают сначала холодной, затем горячей водой, а ***водопроводные*** только холодной водой после гидравлического испытания (предварительная промывка для очистки от грязи) и после хлорирования (окончательная промывка).

Хлорирование проводят для дезинфекции водоводов питьевой воды. Раствор хлора или хлорной извести приготовляют из расчета 40 *мг* активного хлора на 1 *л* воды.

После этого трубопроводы наполняют водой. По истечении 24 *ч* производят окончательную промывку и проверяют качество воды химическим анализом.

Испытываемые участки оборудуют заглушками с кранами для наполнения трубопроводов водой и последующего их опорожнения. В повышенных местах трассы устанавливают воздушные трубки с вентилями или кранами (для выпуска воздуха) и манометрами (для измерения давления).

Результаты гидравлического испытания считают удовлетворительными, если утечка воды не превышает нормативной.

Завершив испытания, воду сбрасывают за пределы траншеи (выпускать ее в траншею запрещается) или перекачивают в смежный участок. Предварительно открывают все вентили на воздушных трубках, давая воздуху доступ в трубопровод.

Самотечные трубопроводы (канализационные, ливневые) испытывают гидростатическим давлением столба воды, заливаемой в трубопровод на данном участке до верха смотрового колодца (рис. XII.13,*б*). (Колодцы и трубопроводы испытывают также отдельно,

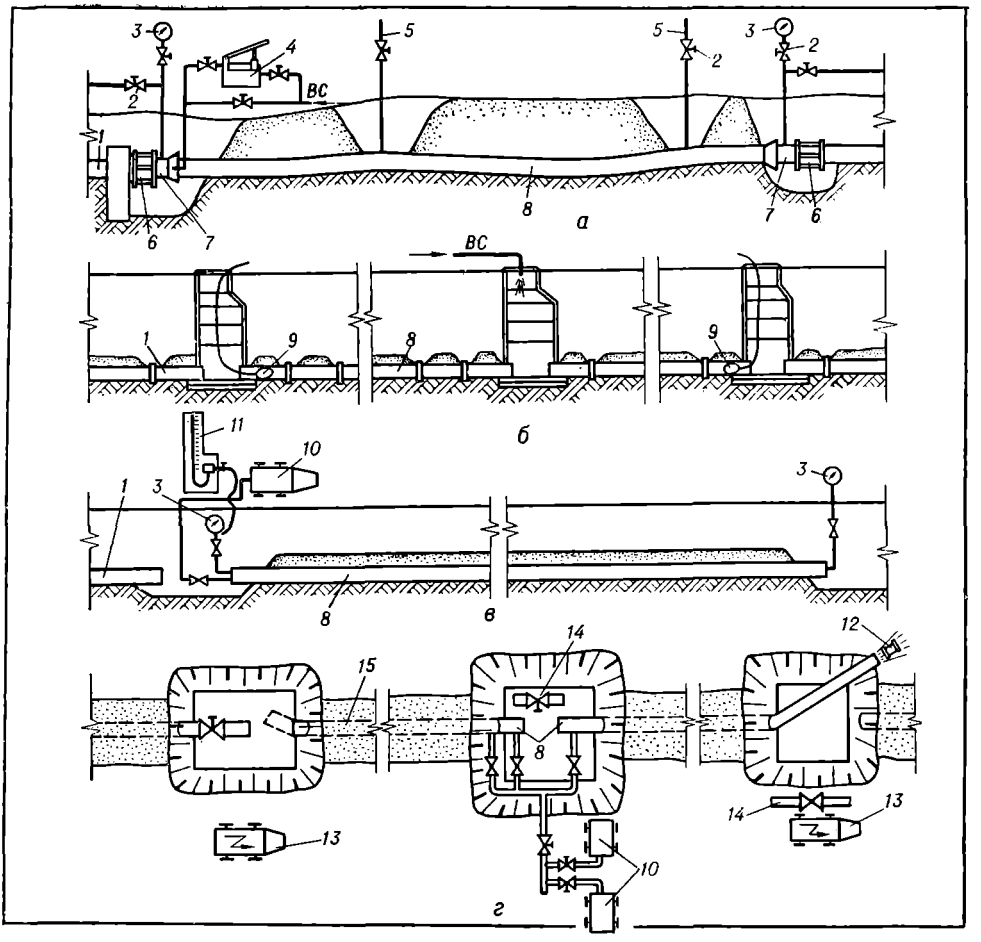


Рис. XII.13. Схемы испытания трубопроводов:

гидравлическое: *а* — напорных водоводов; *б* — самотечных (безнапорных) коллекторов; пневматическое: *в* — газопроводов, водоводов; продувка; *г* — газопроводов, водоводов; *1* — уложенные трубопроводы; *2* — вентили (задвижки); *3* — манометры; *4* — гидравлические прессы; *5* — трубки для выпуска воздуха; *6* — временные упоры; *7* — заглушки; *8* — испытываемый трубопровод; *9* — заглушки (резиновые баллоны); *10* — компрессоры; *11* — ртутный манометр; *12* — очистительный поршень; *13* — радиостанции; *14* — арматура, устанавливаемая после продувки; *15* — трубопровод-ресивер; *ВС* — водопроводная сеть.

но в просадочных грунтах испытание проводят только одновременно. Особенно тщательно надо проверять плотность соединения трубопровода со стенками колодца). Заполненный водой участок держат под наблюдением в течение суток. За это время количество воды в системе уменьшается вследствие гигроскопичности уплотнительных материалов в стыках и возможной утечки при наличии дефектов.

Выявленные дефекты устраняют, заполняют систему водой до первоначального уровня и производят замер, который повторяют через полчаса. Если утечки нет (или она есть, но в нормативных пределах), испытание прекращают. Объем утечки определяют по объему воды, долитой до уровня первого замера.

В некоторых случаях для большей надежности самотечные трубопроводы испытывают повышенным гидростатическим давлением (большим, чем высота смотрового колодца). Для этого в торец испытываемого участка трубопровода вставляют заглушку со стояком из трубы

$d = 25$ *мм* и высотой, определяемой требуемым испытательным давлением. Испытание проводят в описанной последовательности.

Пневматическое испытание. При строительстве ***нефте-*** и ***газопроводов*** применяют пневматическое испытание и продувку сжатым воздухом (рис. XII.13, *в*, *г*), выполняемое в три этапа. Оно имеет по сравнению с гидравлическим испытанием значительные преимущества, особенно в зимних условиях, в безводных районах и для труб больших диаметров. Главные из них — сокращение сроков проведения испытаний, их удешевление в результате уменьшения затрат на подготовительные работы и надежность проведения в зимних условиях (нет опасности замерзания воды).

Протяженность подлежащего испытанию трубопровода определяют в соответствии с пусковыми схемами. На первом этапе давлением воздуха испытывают отдельные участки трубопровода, обмыливая стыки для выявления дефектов в монтажных швах. Второй этап — испытание на прочность уложенного, заизолированного и засыпанного в траншеях трубопровода. Окончательное испытание — на плотность — осуществляют давлением воздуха в присутствии заказчика. Продувку производят из создаваемого в каждом случае ресивера, в качестве которого применяют ранее уложенный участок трубопровода. Его размер обусловливается объемом нужного для продувки воздуха, диаметром и степенью загрязнения трубопровода. Воздух, выпускаемый из ресивера в продуваемый трубопровод, выталкивает очистной поршень, а вместе с ним воду, грязь и пр.

Во время проведения пневматических испытаний следует иметь в виду, что температура воздуха, нагнетаемого компрессором в трубопровод, всегда будет выше температуры окружающей среды, что может исказить результаты испытаний. Поэтому после заполнения трубопровода воздуху дают отстояться и остыть до температуры окружающей среды. Это занимает от 2 (при диаметре труб 50 *мм*) до 24 *ч* (при бóльших диаметрах).

Большая сжимаемость воздуха требует от обслуживающего персонала тщательного выполнения всех мер предосторожности во время испытаний: укрепления заглушек, проверки стыков постукиванием, ограждения зон испытаний и др. Места утечки воздуха определяют по вспениванию мыльного раствора, наносимого кистью на стык.

При испытании газопроводов рекомендуется пользоваться одорантом (например, этилмеркаптаном), придающим воздуху внутри трубопровода сильный и характерный запах, по которому легко определяют места утечки. Его заливают в пропорции 16 *мг* на 1000 $м^3$ объема испытываемого участка внутрь трубопровода через патрубок, к которому затем присоединяют компрессор.

§ 4. ОКРАСКА ТРУБОПРОВОДОВ

При открытой прокладке после завершения основных монтажно-укладочных работ, включая предварительное испытание, трубопроводы очищают от грязи и ржавчины и окрашивают масляными красками или покрывают антикоррозионными лаками (см. рис. XII.8,*ж*).

Арматуру (водоразборные краны, смесители для холодной и горячей воды и др.) устанавливают одновременно с выполнением малярных работ, перед окончательной покраской стен, окон и полов в помещениях.

§ 5. ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ДЕЙСТВУЮЩИМ СЕТЯМ

Трубопроводы сдают в эксплуатацию после окончания всех строительно-монтажных работ, когда уже установлены запорная арматура, контрольно-измерительные и предохранительные приборы и устройства.

Каждый построенный трубопровод является частью (продолжением) определенной инженерной системы, к которой его подключают в предусмотренных местах, где во время строительства устанавливают фасонные части с задвижками (кранами). К их патрубкам после удаления заглушек и подключают новые трубопроводы. Такое подключение несложно и не нарушает нормальной эксплуатации системы (рис. XII.14,*а*).

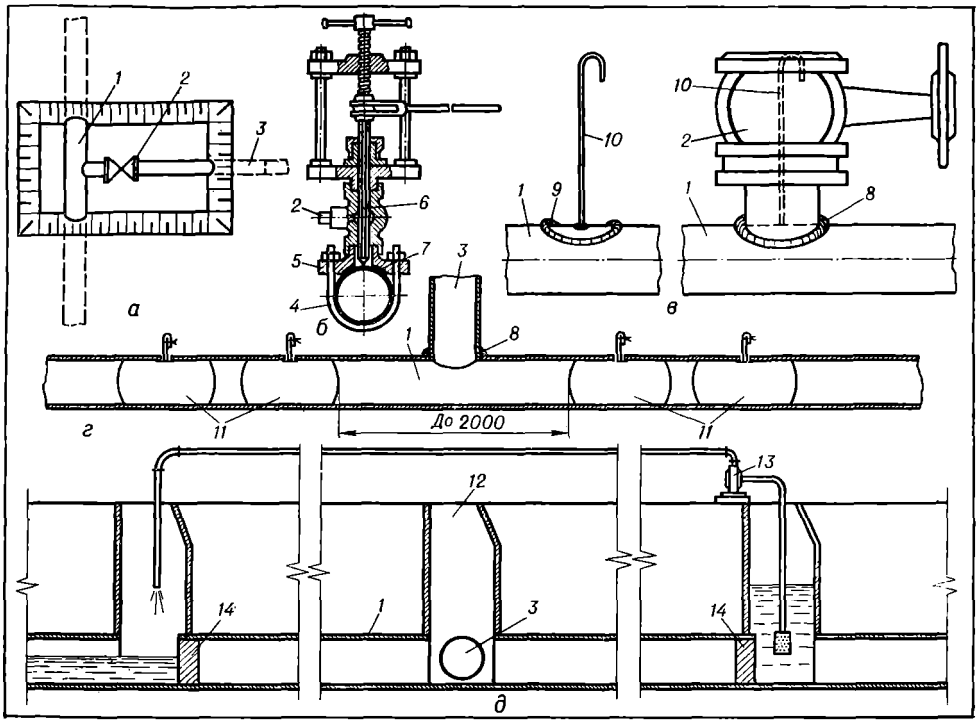


Рис. XII.14. Схемы подключения к действующим сетям:

напорным: *а* — к установленной задвижке; *б* — врезка седелкой; *в* — врезка под газом; *г* — то же, с перекрытием резиновыми баллонами; самотечным: *д* — с устройством колодца; *1* — действующий трубопровод; *2* — установленная задвижка (кран); *3* — подключаемый трубопровод; *4* — хомут; *5* — седелка; *6* — фреза с трещоточным устройством; *7* — резиновая прокладка; *8* — сварка; *9* — глиняная обмазка (жирная, мятая); *10* — державка; *11* — резиновые баллоны; *12* — устраиваемый колодец; *13* — насос; *14* — временные заглушки.

Трубопроводы подключают также врезкой. В этом случае на действующий *водовод из чугунных или неметаллических труб* устанавливают седелку с фланцем, краном (задвижкой) и трещоточным устройством с фрезой. Если *трубопровод стальной*, приспособление для просверливания труб устанавливают не на седелке, а на приварном патрубке. Процесс сверления в обоих случаях одинаков. В патрубок (или седелку) при открытой задвижке сквозь сальник глухого фланца пропускают фрезу, размер которой соответствует диаметру подключаемого трубопровода. Просверлив стенку трубопровода, удаляют фрезу и закрывают задвижку, затем снимают приспособление и подключают трубопровод (рис. XII.14, *б*).

К трубам большого диаметра подключение выполняют под газом. По оси трубы в месте подключения приваривают державку из проволоки $d = 3 \div 4$ *мм* (рис. XII.14,*в* слева). Затем вокруг нее диаметром на 15—20 *мм* меньше внутреннего размера штуцера, который надо врезать, прорезают «окно», замазывают образованную щель глиной и приваривают штуцер с открытой задвижкой. Затем удаляют вырезанное окно и закрывают задвижку.

При подключении *газопроводов низкого давления* по обе стороны от места подключения (на расстоянии 1,5—2 *м*) просверливают монтажные отверстия, через которые трубопровод перекрывают надувными резиновыми баллонами или глиняными тампонами. После этого пространство между баллонами освобождают струей сжатого воздуха от газа и врезают патрубок подключения (рис. XII. 14,*г*).

Аналогично подключают *газопроводы высокого и среднего давления*, предварительно снизив в них давление примерно до 0,002 *Мн/м²* (0,02 *ати*).

Самотечные трубопроводы подключают обычно в колодце (существующем или вновь возводимом). При этом действующий участок сети отключают, направляя стоки по временному или смежному трубопроводу, а если это невозможно, устраивают временную перекачку стоков (рис. XII.14,*д*).

Глава 6

ПРОКЛАДКА ТРУБ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Нередко трубопроводы прокладывают по дну водоемов, через болота, на территориях горных выработок, в просадочных грунтах, сейсмических районах, по склонам гор и холмов, в районах вечной мерзлоты. Кроме того, приходится пересекать железнодорожные и другие пути. Во всех этих случаях применяют стальные трубы. Другие трубы — чугунные, железобетонные, асбестоцементные и пр.— можно применять, только осуществив специальные конструктивные мероприятия.

§ 1. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ВОДНЫХ ПРЕГРАД

Самотечные и напорные трубопроводы различного назначения нередко прокладывают по дну водоемов. В этих случаях переход трубопровода устраивают в виде дюкера, придавая ему форму (профиль) поперечного сечения водоема. Работы проводят в четыре этапа. Основными из них являются первые два (рис. XII. 15, *а*, *б*).

К первому этапу (подготовительному) относят устройство и оборудование береговой или плавучей монтажной площадки: планировку территории и устройство подъездов; установку стапелей; подготовку транспортных средств и такелажа — лебедок, полиспастов, якорей и др.; подводку силовой и осветительной электросети; доставку плавучих средств — катеров, барж, понтонов и др. Одновременно закрепляют створ перехода и проводят гидрогеологические измерения (проверяют состояние дна водоема и соответствие его проектному профилю, замеряют уровень воды и скорости потока в реке, строят их эпюры и т. п.). Затем приступают к разработке береговых и подводных траншей. В зимних условиях проверяют толщину льда и намораживают спусковые дорожки.

Второй этап включает подготовку плети подводного трубопровода — доставку звеньев труб, их сборку, сварку, испытание, изоляцию (если трубы заготовляют на заводах, на стапелях изолируют лишь стыки), футеровку, включая приварку заглушек и оголовка, тяговых скоб, зачаливание тягового каната и др.; опускание плети на тележки, на воду или в сплавную траншею; доставку плети в проектный створ и оснастку трубопровода (установку плавучих опор и утяжеляющих грузов — рис. XII.15,*а*). (В некоторых случаях утяжеляющие грузы надевают непосредственно перед опусканием трубопровода. Количество их зависит от диаметра труб, плотности воды и других факторов). Испытывают плеть гидравлическим давлением, равным двойному рабочему, но не менее 1,2 *Мн/м²* (12 *ати*). Все стыки просвечивают гамма-лучами и после испытания трубопровода покрывают весьма усиленной изоляцией. Затем плеть футеруют деревянными рейками (сечением 50 × 25 *мм* и длиной 3—4 *м*), которые прикрепляют к трубопроводу проволочными скрутками.

Для доставки готового трубопровода со стапелей в проектный створ его опускают по лежням на тележки узкой колеи, проложенной по дну, или в сплавную траншею (рис. XII.15,*а*), которую устраивают параллельно стапелям по оси створа (глубиной на 0,5—1 *м* ниже уровня воды в реке и длиной не менее длины плети подводного трубопровода). Между траншеей и рекой оставляют перемычку, которую снимают после спуска

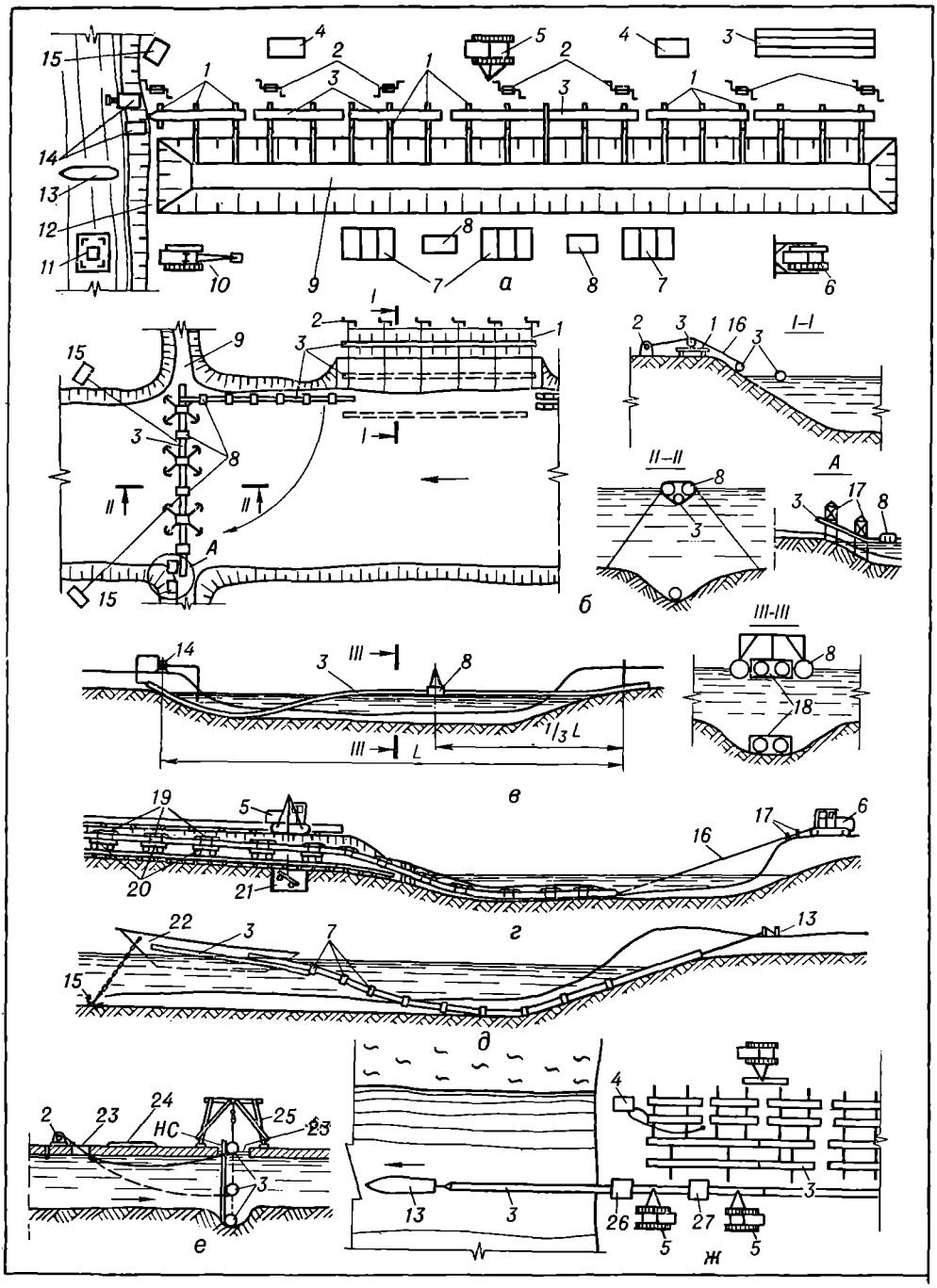


Рис. XII.15. Схемы подготовки и опускания трубопроводов в подводные траншеи:

а — оборудование береговой площадки; *б* — доставка, оснащение и опускание с плавучих и стационарных опор; *в* — свободное погружение; *г* — протаскивание; *д* — опускание с барж; *е* — то же, со льда; *ж* — то же, с берега наращиванием плетей; *1* — стапели (через 5 *м*); *2* — лебедки (через 15 *м*); *3* — трубы; *4* — сварочные посты; *5* — трубоукладчики; *6* — бульдозер (тягач); *7* — утяжеляющие грузы; *8* — плавучие опоры; *9* — сплавная траншея; *10* — экскаватор; *11* — водолазная станция; *12* — перемычка; *13* — катер; *14* — насосный опрессовочный агрегат; *15* — якорь; *16* — канаты; *17* — стационарные (роликовые) опоры; *18* — связи блокировки; *19* — поплавки; *20* — узкоколейные тележки; *21* — приямок; *22* — баржа (понтон); *23* — прорубь (майна); *24* — спусковая дорожка; *25* — монтажные ворота; *26, 27* — изоляционная и очистительная машины; НС — направляющая свая.

трубопровода. При этом вода поступает в траншею, трубопровод всплывает, и его катером буксируют в проектный створ — к месту укладки. Во избежание деформации от воздействия скоростного напора течения реки трубопровод крепят оттяжками к лебедкам и якорям, устанавливаемым на берегу или на плавсредствах (рис. XII.15,*б*).

Иногда со стапеля трубопровод опускают непосредственно в реку, укрепляя на берегу один его конец на свободном шарнире, а другой оттягивая так, чтобы увлекаемый речным потоком трубопровод переместился в проектный створ (см. стрелки на рис. XII. 15, *б*), где его закрепляют оттяжками.

После вывода в проектный створ трубопровод опускают в подводную траншею. Этот процесс состоит из таких основных операций: опускания плети на дно, выверки ее положения и устранения неровностей дна траншеи подмывом при помощи гидромонитора, закрепления плети в проектном положении на дне подводной траншеи; окончательного испытания; засыпки подводного трубопровода и укрепления береговых и подводных траншей (см. разд. II). На судоходных реках графики работ согласовывают со службой движения судов.

Опускают плети с плавучих и стационарных опор, свободным погружением, протаскиванием, с барж и (в зимних условиях) со льда.

С плавучих опор, представляющих собою легкие понтоны или поплавки (рис. XII.15,*б*), трубопровод с утяжеляющими грузами опускают на дно от середины реки к берегам, постепенно с обеих сторон отцепляя поплавки. Под действием грузов опоры и трубопровод равномерно погружаются на дно траншеи.

Стационарные опоры забивают в виде кустов свай. Их применяют при крутых берегах, когда подводный трубопровод имеет береговые «утки» (отводы), которые крепят к опорам, используемым во время опускания трубопровода в качестве направляющих (рис. XII.15,*б*, узел *А*).

Свободное погружение (рис. XII.15,*в*) состоит в постепенном опускании трубопровода под тяжестью заполняющей его воды, подаваемой насосами. Изгибаясь в пределах упругих деформаций, плеть волной ложится на дно подводной траншеи. Так можно одновременно опускать несколько нитей труб. Для этого их блокируют жесткими связями во время сварки на стапелях. Чтобы опускание проходило равномерно, под трубопроводом с противоположного берега устанавливают плавучую опору (примерно на $^1/_3$ перехода — см. рис. XII.15,*в*) и, кроме того, опускаемые трубы заполняют водою одновременно (каждую отдельным насосом). После полного погружения части трубопровода, примыкающей к насосной станции, временную опору снимают и погружают остальную часть перехода. Процесс свободного погружения проходит сравнительно быстро: переход из трех нитей труб диаметром 1220 *мм* и длиною около 200 *м* опускают за 6—7 *ч*, включая заводку плети в створ.

Способ протаскивания обычно применяют на судоходных реках (рис. XII. 15,*г*). Подготовленную плеть со стапелей опускают на тележки узкой колеи или в сплавную траншею и протаскивают вместе с утяжеляющими грузами трактором с помощью полиспастов. (Для этой цели применяют и специальную лебедку ЛП-1 грузоподъемностью 50 *т*, позволяющую благодаря своей большой канатоемкости — 800 *м* — протаскивать длинные подводные трубопроводы). Носовую часть плети подвешивают к поплавкам, чтобы она не погрузилась в грунт. По мере продвижения плеть освобождают от тележек, откатывая их в тупик. По берегам устанавливают роликовые опоры, направляющие трубу по проектному створу. Иногда применяют разгружающие понтоны, расчетное количество которых позволяет удерживать трубопровод во взвешенном состоянии у дна траншеи (трубопровод заполняется водой через отверстия в оголовке). Тяговые усилия при этом значительно снижаются.

С барж плети опускают при переходах через широкие судоходные реки и водоемы (озера, морские проливы и т. п.), для которых невозможно изготовить подводную часть трубопровода на всю ширину

перехода (рис. XII.15,*д*). Заготовительные работы ведут непосредственно на баржах или специальных судах. По мере наращивания трубопровода его по специальному пандусу у одного из бортов баржи опускают на дно. Одновременно баржа перемещается в противоположную сторону вдоль проектного створа на расстояние, равное длине приваренного и опущенного звена.

В зимних условиях трубопроводы нередко опускают непосредственно со льда (рис. XII.15, *е*), на котором ведут все подготовительные работы, используя ту же технику, что и в обычных условиях. Прочность ледяного покрова предварительно проверяют расчетом, затем непрерывно наблюдают за его состоянием во время выполнения работ. (В этих случаях подводные траншеи в плотных, достаточно устойчивых грунтах, как правило, подготовляют заранее, до наступления ледостава). На слабом ледяном покрове работы ведут при помощи средств малой механизации (треног, лебедок, талей и т. п.). Трубы сплавляют по майне (проруби), высекаемой во льду по всей ширине реки, или по ледяной спусковой дорожке, проложенной рядом с майной. Для опускания трубопровода в дно вдоль майны через 15—20 *м* забивают сваи, на льду устанавливают треноги с талями, а оттяжки выводят к лебедкам. С помощью оттяжек трубы прижимают к сваям, по которым, как по направляющим, они опускаются в подводную траншею.

Погруженный трубопровод выверяют водолазы, удаляя неровности гидромониторами, затем закрепляют его винтовыми анкерами или сваями и присыпают крупнозернистым песком.

После этого трубопровод испытывают и засыпают траншею.

В состав работ т р е т ь е г о э т а п а (берегоукрепительных) входят засыпка (замыв) береговых траншей, укладка фашинных тюфяков, каменная наброска и др.

К работам ч е т в е р т о г о э т а п а (послемонтажным) относят соединение подводного трубопровода с береговыми подходами, установку береговых колодцев и отключающих устройств, разборку вспомогательных устройств и т. п.

§ 2. ПРОКЛАДКА ТРУБ В БОЛОТИСТОЙ МЕСТНОСТИ

В условиях болотистой местности трубопроводы прокладывают в осушенных или неосушенных траншеях и на опорах (песчаных подушках, фашинных тюфяках, сваях и др.).

В осушенных траншеях трубы укладывают, как обычно, только после укладки пригружают их железобетонными грузами или закрепляют металлическими анкерами, которые завинчивают пневматическими ключами в плотный грунт.

В неосушенных траншеях анкеры завинчивают специальными агрегатами, размещенными на катамаране, который передвигается по траншее вдоль закрепляемого трубопровода и позволяет завинчивать одновременно по два анкера (с обеих сторон трубопровода). Количество анкеров определяют расчетом.

При больших объемах работ и высоком уровне воды устраивают широкую траншею. В нее вводят баржу или понтон, на которых выполняют все заготовительные процессы. Утяжеляющие грузы на готовый трубопровод надевают на плаву с понтона. Если прокладка относительно короткая (до 1000—2000 *м*), по обе стороны болота на береговых настилах устраивают заготовительные площадки. Готовые секции длиной 100—150 *м* сплавляют в траншею навстречу одна другой (рис. XII.15,*ж*). Соединяют их на специальных плавучих опорах, оснащают грузами и опускают на дно траншеи.

В торфяных болотах с достаточной несущей способностью грунтов трубопроводы прокладывают в траншеях **на песчаной подушке** или **песчаной насыпи**. На нее укладывают трубопровод и присыпают его сверху грунтом.

При меньшей несущей способности и большей влажности торфа применяют **фашинные** тюфяки шириной около 5 *м*. По тюфяку отсыпают песчаную подушку высотою 0,5—0,6 *м*, на нее укладывают трубопровод и засыпают слоем песка толщиною 0,7—1 *м*.

Подключают трубопровод к действующей магистрали по истечении 4—6 месяцев — после просадки всей возведенной на болоте конструкции.

Когда материковые породы залегают глубоко, трубопроводы прокладывают открыто на железобетонных свайных опорах. Копры для забивки свай и другие механизмы устанавливают на специальных тракторах.

Прокладывать трубы на заболоченных участках трассы экономически более выгодно в зимних условиях.

§ 3. УСТРОЙСТВО ТРУБОПРОВОДОВ В ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

В просадочных грунтах при строительстве трубопроводов тщательно уплотняют основания и защищают их от ливневых и других вод. Работы ведут небольшими участками — по 250—500 *м* (с предварительным испытанием в течение 15 *мин*, а в особо оговоренных случаях — в течение 25 *мин*). После испытания воду из труб удаляют за пределы территории строительства, чтобы исключить возможность ее попадания в траншею. Для предотвращения возможных деформаций в стальных трубопроводах (в специальных нишах) устанавливают большее, чем обычно, количество компенсаторов (резиновых, линзовых, П-образных или др.), а чугунные, железобетонные и асбестоцементные трубы собирают на резиновых кольцах.

Продолжительность окончательного испытания для напорных трубопроводов — 12 *ч*, а для самотечных — 24 *ч*.

В районах горных выработок прокладка труб (как правило, стальных) также осложняется необходимостьюустанавливать значительное количество компенсаторов в специальных нишах. Компенсаторы применяют чаще всего резиновые, так как они имеют малые габариты, большую компенсирующую способность и прочность. С трубами их сопрягают специальными хомутами.

В сейсмических районах (до 8—9 баллов) устраивают раструбные и муфтовые соединения труб на резиновых уплотнительных кольцах. Остающуюся незаполненной часть зазора заделывают алюминиевой стружкой (для напорных трубопроводов) или битумной мастикой (для безнапорных).

Сооружения на сетях (колодцы, камеры, каналы и др.) возводят на цементном растворе, пластифицированном глиной. В стенах этих сооружений устраивают сальниковые уплотнения, обеспечивающие автономность смещения трубопроводов. В швы колодцев и камер укладывают арматуру, а также осуществляют другие антисейсмические мероприятия. В районах, где сейсмичность превышает 9 баллов, на трубопроводах через каждые 20—30 *м*, как и в просадочных грунтах, устраивают гибкие соединения, а в траншеях трубы укладывают змейкой. На газопроводах, кроме того, через каждые 50 *м* устанавливают контрольные трубки, позволяющие обнаружить утечку газа по запаху.

§ 4. ПРОКЛАДКА ТРУБ ПО СКЛОНАМ ГОР И ХОЛМОВ

Для прокладки труб по склонам гор и холмов предварительно устраивают уступы, или полки, на которых ведут работы.

В скальных грунтах на дне траншей устраивают песчаные подушки и засыпают трубы песком. Если нет песка, трубы футеруют деревянными рейками или камышитовыми матами, затем засыпают траншею измельченным скальным грунтом.

Во избежание размыва траншей ливневыми водами через каждые 50—80 *м* (в зависимости от крутизны склонов) устраивают глиняные, хворостяные или железобетонные диафрагмы, а склоны холмов одерновывают полосами, несколько превышающими ширину траншей. На трубопроводах с раструбными и муфтовыми стыками, которые не работают на растяжение, в местах поворота устраивают упоры и устанавливают анкеры.

§ 5. ПРОКЛАДКА ТРУБ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

В районах вечной мерзлоты трубопроводы прокладывают в подземных полупроходных и проходных (одно- или двухъярусных) каналах, которые монтируют из сборных железобетонных элементов в

траншеях на песчаной подушке толщиной 0,8—1 *м*. По ней укладывают глинобетон (0,2 *м*), а поверх него — бетонную подготовку марки 50 (0,15 *м*). Через каждые 20 *м* в канале устанавливают вентиляционные вытяжные трубы.

Снаружи каналов устраивают дренаж из крупнозернистого песка. Талые воды отводят в канал, затем откачивают за его пределы.

В технических подпольях домов трубопроводы прокладывают на подвесках или подушках.

§ 6. СКРЫТАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБ ПОД РЕЛЬСОВЫМИ ПУТЯМИ

Трубопроводы под железнодорожными путями нередко приходится прокладывать скрытым способом, в траншеях. В местах пересечения траншей с полотном дороги шпалы с рельсами подвешивают на хомутах к рельсовым пакетам, которые состоят из трех рельсов нормальной колеи, укладываемых вдоль путевых рельсов. Траншеи роют вручную сразу на проектную глубину с обеих сторон перехода и с каждой стороны устраивают приямки, из которых ведут монтажные работы. Траншеи и приямки крепят обрезными досками. Грунт транспортируют ковшами-волокушами при помощи электрических лебедок.

Трубопровод укладывают в металлическом футляре. Рабочую трубу предварительно вводят в футляр на роликовых опорах. Готовое звено опускают в траншею, сваривают (сначала трубу, потом футляр), испытывают и изолируют. По мере наращивания трубопровода его протягивают (обе трубы вместе) лебедкой или тягачом по дну траншеи. Это позволяет избежать сквозного протаскивания рабочего трубопровода в футляр, что особенно важно при большой протяженности переходов, когда трудно обеспечить требуемую прямолинейность свариваемых труб.

Проекты производства работ по укладке труб под железными дорогами согласовывают со службами пути и движения.

§ 7. УСТРОЙСТВО НАДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Небольшие надземные переходы (до 30 *м*) над выемками дорог, оврагами и водными преградами выполняют чаще всего в виде простейших балочных конструкций. Над большими пролетами (до 50 *м*) балки-трубы усиливают шпренгелями. Применяют также висячие и арочные системы переходов. Во всех случаях используют несущую способность самих труб.

Балочные переходы монтируют в два этапа. Сначала возводят опоры, потом надвижкой или подъемом монтируют трубопровод. Плети длиной, кратной расстоянию между опорами, готовят на берегах перехода или на заготовительных заводах. Если пролеты превышают 50 *м*, устанавливают промежуточные опоры *4* (рис. XII.16,*а*).

Метод надвижки состоит в том, что плети на катках лебедками (тяговой и тормозной) надвигают на опоры.

Если же монтаж ведут методом подъема, плети доставляют непосредственно к опорам перехода автомобильным, железнодорожным или водным транспортом (в зависимости от условий строительства), затем кранами укладывают в проектное положение.

Работы по монтажу переходов надо тщательно подготавливать и выполнять в короткие сроки, обусловленные графиком движения поездов или судов (при пересечении железных дорог или рек). Опоры оборудуют монтажными подмостями, винтовыми домкратами и центраторами для сборки и временного закрепления монтажных стыков перед сваркой.

Вантовые переходы. Прежде чем приступить к монтажу висячих вантовых переходов, например через реку (рис. XII.16,*б*), возводят береговые опоры — пилоны. Затем на верхних ригелях пилонов монтируют двухстоечные стреловые краны нужной грузоподъемности, оснащают их специальными траверсами для подъема, наводки и укладки рабочих канатов в опорные гнезда-башмаки на пилонах. Несущие и ветровые канаты перед навеской на пилоны предварительно растягивают на специальных стендах, размечают места крепления подвесок, выкладывают вдоль перехода на поплавки и лишь тогда поднимают в

проектное положение (сначала на один пилон, затем на другой).

После закрепления несущих канатов монтируют подвески вантовой системы (одновременно справа и слева перехода). Для этого между пилонами рядом с несущими канатами натягивают два легких каната (тяговый и тормозной) с монтажным мостиком и, передвигая его по несущему канату, последовательно укрепляют на нем подвески вантовой системы.

После замыкания вантовой системы и закрепления всех элементов приступают к монтажу трубопровода. Готовые блоки трубопровода из двух плетей (длиной до 40 *м*) скрепляют между собой жесткими связями и подают в зону монтажа на баржах или понтонах. Монтируют переход одновременно с правого и левого берега, равномерно и последовательно загружая несущие канаты. В проектное положение блоки трубопроводов поднимают с барж системой

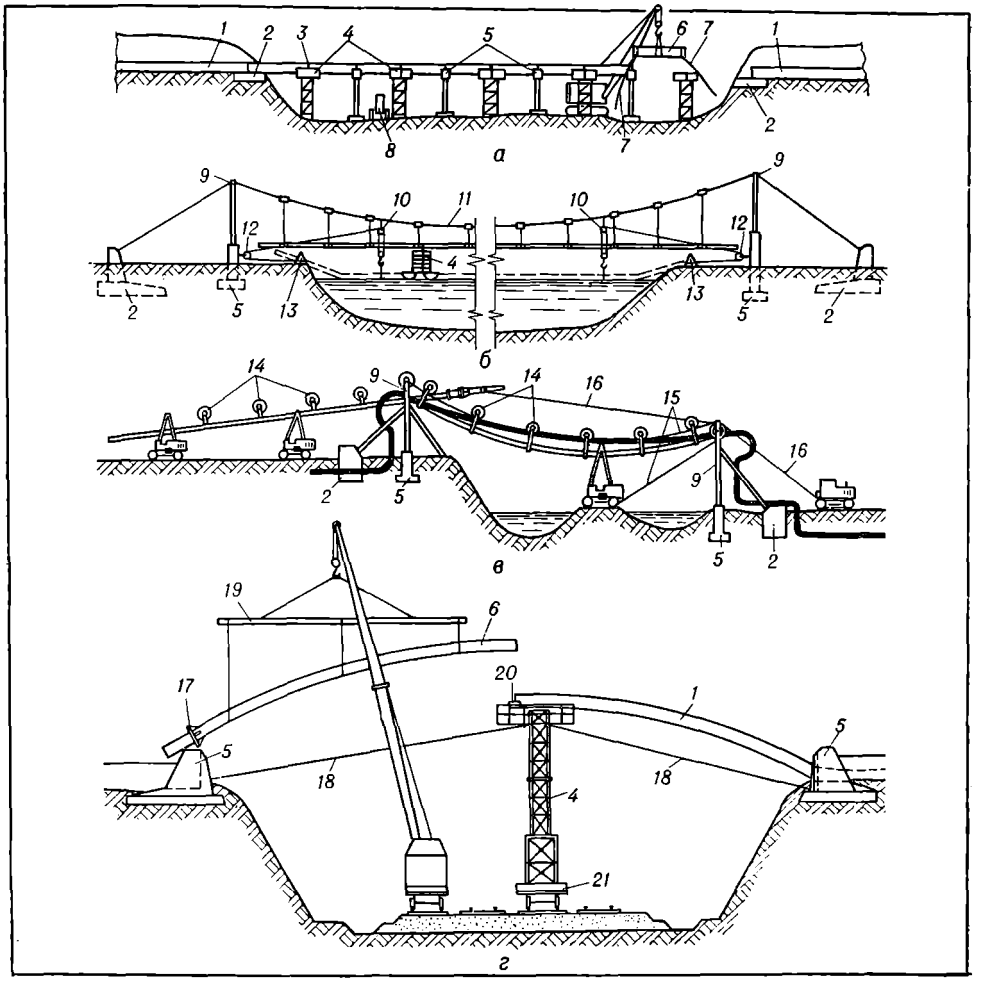


Рис. XII.16. Схемы открытой прокладки труб:

а — балочная; *б* — висячая (вантовая); *в* — висячая труба; *г* — арочная; *1* — уложенный трубопровод; *2* — якорь; *3* — монтажный стык; *4, 5* — опоры (временные и постоянные); *6* — монтажные элементы; *7* — оттяжки; *8* — электросварочный агрегат; *9* — пилоны; *10* — полиспасты; *11* — рабочий канат с подвесками; *12* — отводные блоки; *13* — лебедки с полиспастами; *14* — ролики на подвесках (через 12—14 *м*); *15, 16* — монтажный и тяговый канаты; *17* — муфта с подпятником; *18* — растяжки; *19* — траверса; *20* — опора с домкратом; *21* — железнодорожная платформа с монтажной опорой.

полиспастов, прикрепленных к несущему канату перехода, а береговые блоки монтируют методом надвижки при помощи тех же полиспастов. Закрепленные в проектном положении блоки центруют и сваривают. По мере удаления от берега трубопровод раскрепляют береговыми расчалками.

Окончив монтаж, выверяют стрелу прогиба несущих канатов и положение пилонов, окончательно закрепляют все соединения вантовой системы, навешивают ветровые канаты, выверяют ось перехода и гидравлическими домкратами натягивают, а затем закрепляют оттяжки системы.

В заключение проводят гидравлическое или пневматическое испытание трубопровода, окрашивают его или устраивают тепловую изоляцию.

Аналогично устраивают висячие переходы через железные дороги, глубокие овраги и т. п.

В переходах в виде висячей трубы механическая прочность труб на растяжение используется в наибольшей степени. Такие переходы (рис. XII.16,*в*) могут быть одно- и многопролетными, с береговыми пилонами и без них — с якорями (при пересечении ущелий). Устраивают такие переходы из труб диаметром до 300 *мм* для пролетов до 200—300 *м* (при стреле прогиба от $^1/_{20}$ до $^1/_{40}$ длины пролета).

Навеску труб на пилоны осуществляют методом подъема или надвижки. В обоих случаях сначала устанавливают пилоны высотою до 25—30 *м* и массивные железобетонные якоря с прикрепленными к ним стальными оттяжками, затем монтируют стояки с компенсационными петлями трубопровода. Между пилонами на поплавках или временных опорах (в зависимости от условий строительства) выкладывают плеть перехода трубопровода.

При монтаже методом подъема синхронно действующими на обоих пилонах полиспастами плеть поднимают в проектное положение, соединяют с узлами подвесок и трубопроводом.

Если же монтаж ведется методом надвижки (рис. XII.16,*в*), между вершинами пилонов на отводных блоках натягивают временный монтажный трос, а к заранее заготовленной и уложенной у одного из пилонов плети крепят тяговый трос и через каждые 14—15 *м* на жестких стойках — ролики. Оба троса перебрасывают через отводные блоки, закрепленные на вершинах пилонов, к тягачу на противоположном берегу. Затем двумя — четырьмя кранами-трубоукладчиками поднимают и подают плеть так, чтобы она перемещалась к противоположному пилону, опираясь роликами на монтажный трос. Плети придают проектный профиль, прикрепляют ее к подвескам пилонов и сваривают в одну нить с участками трубопровода по обе стороны перехода.

Переход длиною 150 *м* из труб диаметром 200 *мм* выполняют таким методом примерно за 8 дней. Общие затраты труда — до 50 *чел.-дней*.

Арочные переходы представляют собой самонесущие конструкции, работающие на сжатие и передающие распор одно- или двухтрубной арки на береговые опоры. Такие переходы чаще всего устраивают при пересечении трубопроводом глубоких выемок и монтируют из укрупненных блоков — полуарок или более мелких элементов (рис. XII.16,*г*). Начинают монтаж с устройства береговых упоров. В них оставляют гнезда с забетонированными металлическими опорными рамами. Затем на специальных стендах готовят к подъему монтажные элементы. В зависимости от местных условий стенды располагают с одной или с обеих сторон перехода.

Существенное значение при монтаже полуарок имеет точность соединения труб, что особенно важно при устройстве двухниточных переходов. Для этого на площадке временной монтажной мачты-опоры устанавливают кондукторы и винтовые домкраты, при помощи которых точно центруют и наводят кромки стыкуемых труб.

При пересечении железнодорожных путей переход монтируют железнодорожными кранами. Монтажную мачту-опору доставляют в створ перехода на железнодорожных платформах. Платформу с основанием мачты крепят к рельсам специальными захватами, монти-

руют мачту и раскрепляют ее оттяжками к якорям.

Проверив надежность мачты-опоры, устанавливают полуарки: один конец каждой из них заводят в гнездо берегового упора, а второй опускают на монтажную опору-мачту. После сварки стыка арочный переход испытывают и, заизолировав стык, соединяют с трубопроводом по обе стороны перехода. Мачту демонтируют и увозят, а трубопровод омоноличивают в гнездах береговых упоров и благоустраивают территорию.

Монтаж двухниточного перехода диаметром 500—600 *мм* пролетом около 60 *м* длится 6—7 *ч*.

Глава 7

ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБ БЕЗ ВСКРЫТИЯ ГРУНТА

Подземную — закрытую — прокладку труб без вскрытия грунта применяют при пересечении ими шоссейных и железных дорог, улиц, площадей и трамвайных путей в городах и поселках. В этих случаях надо точно знать расположение всех подземных коммуникаций по трассе трубопровода, особенно в месте перехода, и принимать меры для их сохранения.

Этот способ позволяет избежать разборки и последующего восстановления дорогостоящих дорожных покрытий, а также трудностей в организации движения транспорта и пешеходов. Прокладка труб без вскрытия грунта целесообразна в зимних условиях, при наличии грунтовых вод или высокой влажности грунтов.

Закрытую прокладку труб осуществляют проколом, продавливанием и горизонтальным бурением. Кроме того, применяют щитовой и штольневый способы подземных проходок.

§ 1. ПРОКОЛ

Проколом прокладывают только стальные неизолированные трубы диаметром от 100 до 500 *мм* на глубине до 3 *м* преимущественно в глинистых грунтах, свободных от включений каменных глыб, гравия и пр. Прокол осуществляется в результате уплотнения грунта (рис. XII.17,*а*).

На трубу насаживают и приваривают конический наконечник с опорным основанием на 20—25 *мм* большим наружного диаметра трубы, что уменьшает силу ее трения о грунт. Применяют также конические наконечники с отверстиями диаметром 3—5 *мм*, через которые подают воду под давлением 0,1—0,2 *Мн/м*^{2} (1—2 *ати*). Вода размывает и смачивает грунт, снижая усилие вдавливания.

В плотных грунтах трубу вдавливают и с открытым торцом. В процессе прокола грунт заполняет свободный торец на глубину 4—7 диаметров трубы и образует пробку (керн), препятствующую дальнейшему поступлению грунта в трубу. Для облегчения прокола на трубы с открытым торцом по его окружности наваривают кольцевой нож.

Трубы вдавливают гидравлическими домкратами (рис. XII.17, *а*), тракторами с полиспастами и виброуширителями (рис. XII.17,*б*), а также различными винтовыми ручными, механическими и пневматическими прокалывателями. Наибольшая длина прокола винтовыми ручными прокалывателями, например труб диаметром 150 *мм*, не превышает 15 *м*; при механизированном выполнении прокола для труб диаметром 200—500 *мм* она достигает 20 и даже 50 *м* (средняя скорость от 20 до 60 *м* в смену).

В городских условиях наибольшее распространение получили *установки с гидравлическими* домкратами, хотя скорость такой проходки не превышает 5—12 *м* в смену. Работы делят на два этапа: подготовку и вдавливание (прокол).

Подготовка заключается в устройстве по обе стороны перехода котлованов: рабочего длиной 8—13 *м* и приемного — 1,5—2,5 *м*. Котлованы делают с откосами или с креплением стенок. На заднем торце рабочего котлована устраивают упор из шпал или

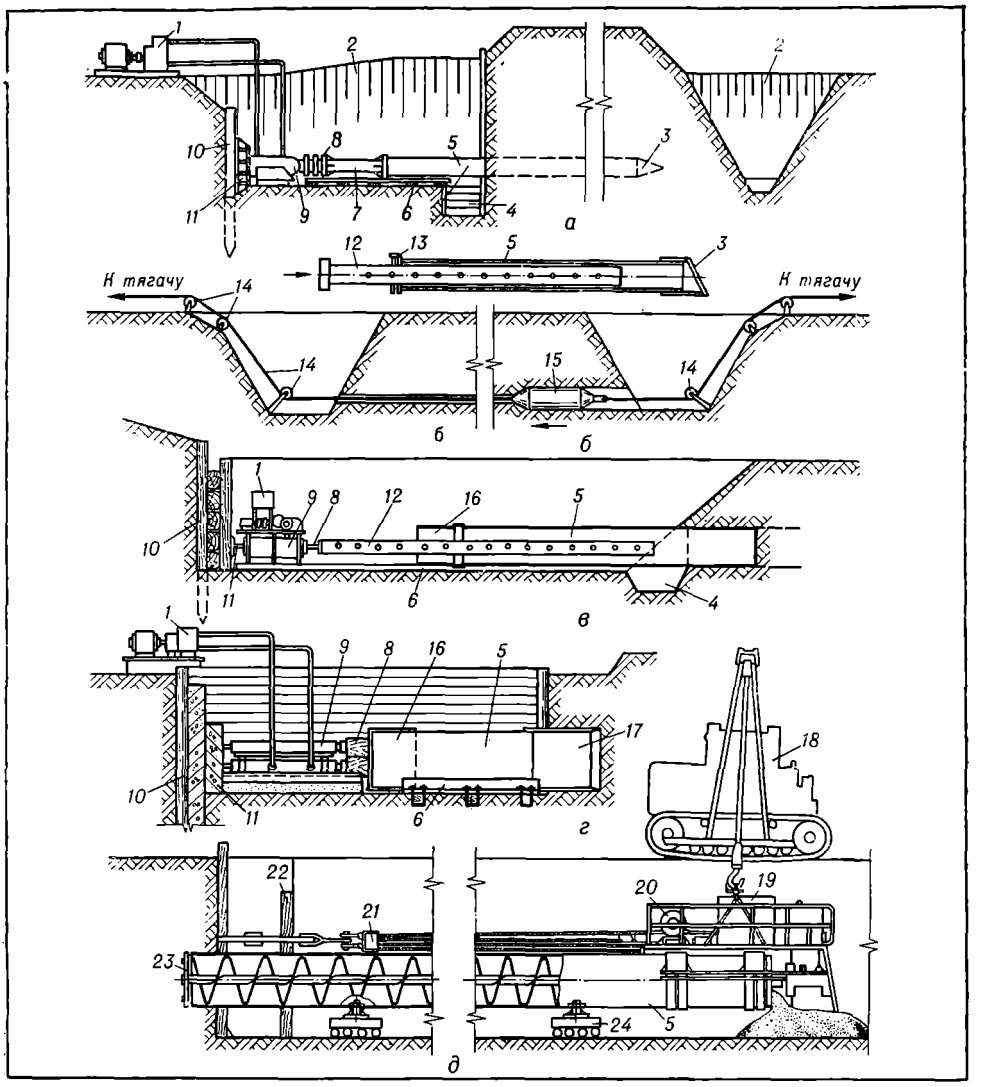


Рис. XII.17. Схемы закрытой прокладки труб:

п р о к о л: *а* — гидравлическими домкратами; *б* — виброуширителями с тракторной тягой; п р о д а в л и в а н и е: *в* — гидродомкратами с шомполами (стальных труб); *г* — то же, с удлинительными патрубками (железобетонных труб); г о р и з о н т а л ь н о е б у р е н и е: *д* — машиной УГБ-2; *1* — насосная установка; *2* — рабочий и приемный котлованы; *3* — наконечник; *4* — приямок для стыковки труб (сбора пульпы при гидроразмыве); *5* — прокладываемые трубы; *6* — направляющие рамы; *7* — удлинительный патрубок; *8* — упорные балки; *9* — гидродомкраты; *10* — упоры свайные; *11* — упорные плиты; *12* — шомпол внутренний (наружный); *13* — штырь; *14* — тяговые канаты с отводными блоками к тягачам; *15* — виброуширитель; *16* — наголовник; *17* — ножевая секция; *18* — трубоукладчик; *19* — буровая машина; *20* — тяговая лебедка; *21* — полиспасты; *22* — якорь; *23* — буровая коронка со шнеком; *24* — катки.

железобетонных блоков и укрепляют его металлической плитой. В передней части котлована крепление обычное с приямком для сварки наращиваемой трубы. На дно котлована укладывают направляющую раму из шпал и прикрепленных к ней уголков, рельсов или швеллеров. На них устанавливают и закрепляют один или два гидравлических домкрата, подключаемых к насосу

высокого давления, который устанавливают на бровке котлована, и подготовленную к укладке трубу. Один из ее торцов имеет *наголовник*, другой — *конический наконечник* (стальное кольцо-нож). Положение рамы и уложенной на ней трубы выверяют и придают им заданный проектный уклон.

Вдавливание трубы производят циклически, переключая домкраты на прямой и обратный ход. Давление от домкратов на трубу передают сменными нажимными удлинительными патрубками, шомполами или зажимными хомутами.

Удлинительные патрубки — это отрезки труб длиной 1; 2; 3 и 4 *м* с массивными фланцами, вставляемыми между упорной балкой домкратов и наголовником вдавливаемой трубы.

Шомпола также делают из труб. Различают внутренние (рис. XII.17,*а*), двигающиеся внутри прокладываемых труб, и наружные шомпола, охватывающие прокладываемые трубы снаружи. Шомпола жестко скрепляют с напорной балкой домкратов, давление которых передается трубам посредством наголовников, закрепленных на шомполах шпильками диаметром 50 *мм*.

В полевых условиях взамен гидравлических домкратов часто применяют *тракторы с полиспастами*. С их помощью в связных грунтах методом прокола устраивают пионерные скважины, которые затем последовательно расширяют до нужного размера специальными виброуширителями (рис. XII.17,*б*), представляющими собой стальной закрытый цилиндр диаметром от 150 до 500 *мм*, внутри которого находится электровибратор с подключенным кабелем. Для этого в скважину пропускают трос с виброуширителем, к хвостовику которого прикреплен второй трос. Свободные концы тросов выводят через систему отводных блоков за пределы котлованов к тягачам, которые последовательно протягивают виброуширитель через пионерную скважину (в противоположных направлениях) и расширяют ее до нужных размеров. В расширенную скважину затем протаскивают подготовленное звено труб, вследствие чего этот способ иногда называют способом протаскивания.

Для прокладки труб диаметром 90—150 *мм* применяют *пневматический проходчик*, которым можно устраивать пионерные скважины длиною до 30 *м* со скоростью 30—40 *м/ч* в песчаных грунтах и 12—15 *м/ч* в суглинках. Пневмопроходчик состоит из пневмоснаряда с привернутой к его лобовой части направляющей стальной иглой диаметром 35 и длиной 1200 *мм*, расширителя и стабилизатора, к хвостовику которого прикреплен тонкий трос. Пневмопроходчик укладывают на направляющую раму, уложенную на дне рабочего котлована, укрепляют хомутами и приводят в движение сжатым воздухом давлением 0,7 *Мн/м*^{2} (7 *ати*). После внедрения в грунт направляющей иглы крепления снимают и дают снаряду свободно перемещаться. Внедряясь в грунт, он образует скважину диаметром 90 *мм*. Для ее расширения до нужных размеров пневмопроходчик пропускают несколько раз, сменяя расширители диаметром от 100 до 250 *мм*.

§ 2. ПРОДАВЛИВАНИЕ

Этим методом (рис. XII.17, *в*) вдавливают открытым концом стальные трубы диаметром от 529 до 1620 *мм* в грунты I—III групп. Грунт, заполняющий при этом трубу, периодически или непрерывно удаляют гидромеханизированным способом или вручную.

Если установить в лобовой части трубы стальную ножевую секцию *17* (рис. XII.17, *г*), имеющую серповидную или цилиндрическую кромку, скошенную под углом 15—22°, то так можно укладывать и железобетонные трубы различного сечения. Диаметр секции должен быть больше диаметра прокладываемой трубы на 30—60 *мм*.

Продавливают трубы гидравлическими домкратами. Этот способ применяют для прокладки рабочих (изолированных) труб, а также защитных футляров (кожухов), в которые затем протаскивают рабочие трубы различного назначения и вида.

Длина проходки из одного рабочего котлована составляет обычно от 30 до 80 *м*. Более длинные трассы трубопроводов делят на несколько участков. Из

каждого рабочего котлована проходку ведут сначала в направлении одного участка, затем в противоположном направлении. Подготовку рабочего и приемного котлованов к продавливанию труб проводят так же, как и при проколе.

Отличительная особенность продавливания — необходимость в большем количестве домкратов (от двух до шести — в зависимости от свойств грунта и диаметра труб), чем при проколе. Кроме того, общая продолжительность рабочего цикла удлиняется вследствие затрат времени на снятие перед удалением грунта наголовника и удлинительных патрубков, удаление грунта и установку наголовника и патрубков в рабочее положение.

§ 3. ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ БУРЕНИЕ

Этот способ состоит в одновременном бурении горизонтальной скважины и прокладки в ней трубы. Скважину создает буровая коронка, насаженная на вал шнекового конвейера, который предназначен для удаления грунта из трубы и вращается с частотой 5,1—31,9 *об/мин*. Труба подается в скважину полиспастом и лебедкой, приводимой в действие двигателем внутреннего сгорания. Все узлы такой установки, получившей название машины горизонтального бурения (рис. XII.17,*д*), смонтированы на общей раме. С помощью этой установки прокладывают трубы диаметром от 100 до 1000 *мм* на длину 20—45 *м* в песчаных грунтах и до 100 *м* — в глинистых.

Применяют машины разных типов, отличающихся методом разработки грунта, способами его транспортирования внутри трубы и удаления из котлована, а также конструкцией буровой коронки. Грунт разрабатывают резанием или резанием и размывом водой под давлением.

Для одних типов машин длина рабочего котлована определяется длиной прокладываемой трубы (перехода), которая перемещается в процессе бурения вместе с буровой машиной, установленной и закрепленной на конце трубы. Для других длину котлована принимают до 15 *м* (этого достаточно для размещения оборудования и прокладываемой трубы), ширину (по дну) — 2—3 *м*, а глубину — на 0,5—0,6 *м* больше проектного заложения трубопровода. Машину в этом случае устанавливают и закрепляют на деревянной раме, укладываемой на дне котлована.

§ 4. ЩИТОВАЯ ПРОХОДКА

Этот метод широко применяют для протяженной проходки значительного поперечного сечения на глубине от 6 до 25 *м*. Образуемые проходкой тоннели используют под самотечные каналы и коллекторы, а также для прокладки трубопроводов и кабелей.

Щитовая проходка состоит в разработке грунта под прикрытием щита и закреплении тоннеля сборными чугунными, железобетонными или керамическими блоками.

Щит представляет собой цилиндрическую передвижную металлическую конструкцию диаметром 2; 2,56; 3 и 3,6 *м* из сварных и литых стальных элементов, собранных на болтах. Он состоит из режущей (Р), опорной (О) и хвостовой (Х) частей (рис. XII.18,*а*). *Режущая часть* имеет выступающий козырек-нож, позволяющий ей легко врезаться в породу и предупреждать ее обвал внутрь щита. Продвижение щита осуществляется гидравлическими домкратами, расположенными в его средней *опорной части* (рис. XII.18, *б*) и упирающимися в блочную обделку выработки, которую выкладывают под прикрытием *хвостовой части* щита.

Щитопроходческие работы осуществляют в три стадии.

На первой стадии (подготовительной) устраивают *монтажную*, или *начальную*, *шахту* для опускания щита в забой (рис. XII.18,*в*); подводят электроэнергию, сжатый воздух, пар; устраивают вентиляцию и т. п. Укладывают также пути для откатки грунта, монтируют морозильные и другие станции. Оборудуют шахтный двор. Из забоя щит выводят и поднимают на поверхность через *демонтажную*, или *конечную*, *шахту*. Кроме того, устраивают еще *промежуточные шахты* для подачи материалов, выдачи грунта и вентиляции забоя.

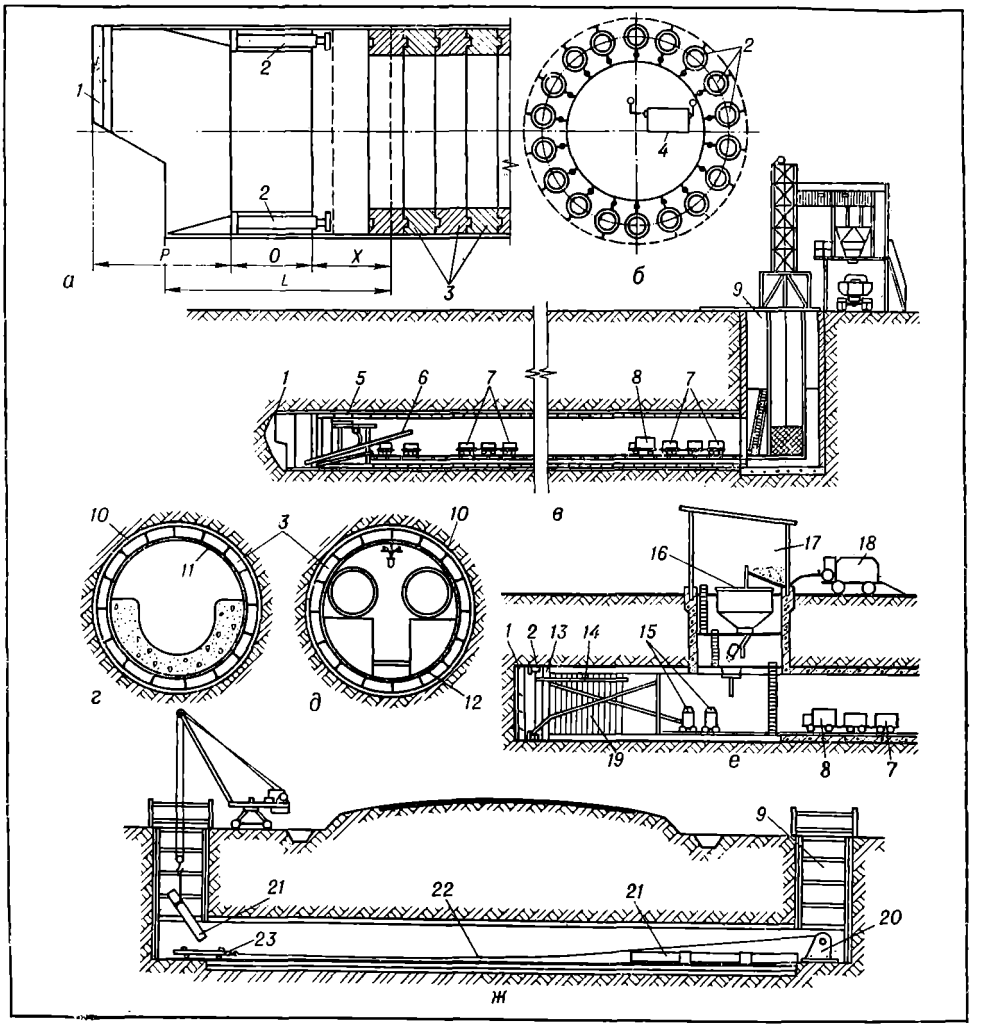


Рис. XII.18. Щитовая и штольневая проходка:

а — схема щита; *б* — размещение домкратов; *в* — схема щитовой проходки со сборной крепью (тюбингами); *г* — обделка тоннеля при устройстве фекального коллектора; *д* — то же, при прокладке водоводов; *е* — схема устройства монолитной крепи прессованным бетоном; *ж* — схема штольни: *1* — нож; *2* — гидродомкраты с маслопроводами; *3* — блоки (тюбинги); *4* — золотниковый переключатель; *5* — блокоукладчик; *6* — ленточный (скребковый) конвейер; *7* — вагонетки; *8* — мотовоз; *9* — шахта; *10* — цементно-песчаный раствор; *11* — монолитная облицовка тоннеля; *12* — облицовка из сборных колец; *13* — прессовочное устройство; *14* — монорельс; *15* — бетоноподатчики; *16* — приемный бункер; *17* — склад сухих компонентов с бетонным узлом; *18* — компрессор; *19* — опалубочные секции; *20* — лебедка; *21* — трубы; *22* — тяговый канат; *23* — тележка; Р — режущая часть щита; О — опорная часть; Х — хвостовая часть.

Эти шахты совмещают с местами расположения смотровых и других колодцев возводимого сооружения (обычно через каждые 100—200 *м*).

Шахты раскрепляют бревенчатыми рамами с дощатыми стенками-забирками, а при переоборудовании их под смотровые колодцы — облицовывают бетонными и железобетонными блоками.

Завершают работы первой стадии подготовкой в шахте песчаной постели и свайного упора для установки вводимого в забой щита на проектной отметке.

На второй стадии осуществляют проходку-передвижку щита. Процесс щитовой проходки включает разработку грунта в забое, продвижение щита, сборку блочной обделки тоннеля и замоноличивание — нагнетание раствора за блочную обделку.

Разработку грунта в забое ведут специальным рабочим механизмом, оснащенным режущей головкой — ротором, расположенным в ножевой части щита. В слабых грунтах (I группы) для предупреждения обвалов лоб забоя крепят щитами из досок толщиной 50—60 *мм* и забойными домкратами. Удаляют грунт из забоя ленточным конвейером с последующей откаткой за пределы тоннеля узкоколейным транспортом. На дневную поверхность грунт поднимают подъемниками в бадьях или вагонетках 7 (рис. XII.18,*в*).

Щит передвигают на длину кольца обделки, после укладки которого производят новую передвижку щита. Положение щита проверяют нивелиром и уровнем и выправляют домкратами. Все измерения и отсчеты записывают в специальный журнал.

В слабых водонасыщенных грунтах, когда водопонижение невозможно или неэффективно, *грунт замораживают* или *химически закрепляют*, а в ряде случаев проходку ведут щитом с ограждением ковшового или грейферного типа — *закрытой грудью*. При работе в таких условиях в тоннеле за пределами щита, примерно в 20 *м*, устанавливают спасательный экран, а в 40 *м* — передвижную металлическую перегородку с аварийным шлюзом. Это предохраняет тоннели от внезапных прорывов породы.

Блоки укладывают на цементном растворе (1 1; 1 2) специальным блокоукладчиком. Предварительно блоки подбирают, нумеруют, очищают хвостовую часть щита и поверхность ранее уложенных блоков от грязи. Сначала укладывают *нижний блок* лотка тоннеля, а затем поочередно — *боковые*. Последним укладывают *замковый*, т. е. верхний блок.

Сразу после сборки очередного кольца, не допуская осадки породы (но после устранения всех неплотностей между блоками), в заблочное пространство через нижние контрольные отверстия, оставляемые в обделке тоннеля, нагнетают сначала цементно-песчаный раствор под давлением 0,2—0,3 *Мн/м²* (2—3 *ати*) до появления раствора из верхних отверстий, потом под давлением 0,5—0,6 *Мн/м²* (5—6 *ати*) цементный раствор.

На третьей стадии работ, если тоннель используется как трубопровод (канализационный коллектор), внутри него устраивают лоток, а поверх сборной крепи — *железобетонную монолитную обделку* толщиной 10—15 *см* (рис. XII.18,*г*).

Вместо монолитной обделки применяют и *сборную — из отдельных железобетонных колец*. Свободное пространство между обделкой тоннеля и кольцами (3—4 *см*) замоноличивают, нагнетая цементный раствор или бетон (1 2 3) с мелким щебнем.

Применяют также обделку тоннелей *монолитным прессованным железобетоном*. Бетонная смесь, приготовляемая в этом случае на бетонном узле, размещаемом во вспомогательной шахте, выгружается из бункера в прессовочное устройство (рис. XII.18, *е*), а затем сжатым воздухом подается в опалубку. Здесь в течение трех минут она прессуется щитовыми домкратами одновременно с перемещением щита. После повторного прессования уложенной смеси в течение 20 *мин* устанавливают новую секцию опалубки, и цикл бетонирования повторяется. Общая его длительность — 2—2,5 *ч*. Снижение трудоемкости работ (по сравнению со сборной крепью) — 20—22%, а стоимости — до 28%.

Если тоннель предназначен для других прокладок, в нем монтируют соответствующие трубопроводы (например, водоводы и др.— рис. XII.18,*д*).

Щитопроходческие работы весьма трудоемки. Средняя скорость проходки щитом диаметром 2,56 *м* в зависимости от грунтовых условий и принятого метода устройства обделки составляет 1,5—8 *м* в смену.

§ 5. ШТОЛЬНЕВАЯ ПРОХОДКА

Иногда переходы трубопроводов под дорогами и другими препятствиями устраивают на глубине более 5 *м* в виде

штолен — коротких подземных проходок, которые разрабатывают вручную и раскрепляют деревянной или железобетонной крепью (рис. XII.18,*ж*).

Штольневый метод очень трудоемок: средняя скорость проходки не превышает 1—1,5 *м* в смену. Его применяют лишь там, где более совершенные способы неприменимы.

К укладке труб в штольне приступают после окончания всей проходки.

Во избежание провалов и просадок грунта штольни с деревянным креплением полностью засыпают, а с железобетонным креплением оставляют незасыпанными, замоноличивая глинистым раствором только свободное пространство между креплением и породой.

Глава 8

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОКЛАДКИ ТРУБ. ОХРАНА ТРУДА

§ 1. ВЫБОР МОНТАЖНОГО УЧАСТКА

Процессы прокладки труб характеризуются открытым фронтом работ. Это значит, что работу на трассе трубопровода (внутреннего или внешнего) можно начинать с любого участка или одновременно на нескольких участках. Для поточного ведения работ весь объект строительства разделяют на захватки, примерно равные по объему и трудоемкости работ (отклонения допустимы в пределах 15—20%). На захватках последовательно работают специализированные звенья, выполняющие отдельные процессы.

Трудоемкость работ зависит главным образом от диаметра и способа соединения труб. (При прокладке внешних сетей трудоемкость определяется также наличием креплений траншей, особенностями трассы, обусловливающими схему и метод производства работ, геологическими и гидрогеологическими условиями и др.).

Определение размера и числа захваток, вида, числа и требуемой производительности машин и механизмов, количественного и профессионального состава звеньев и бригад рабочих — основные задачи организации выполнения процессов поточным методом.

Производственные процессы монтажа внутридомовых сетей развиваются по горизонтали и по вертикали. Захватки для их организации создают с учетом этой особенности: в производственных зданиях принимают обычно секции цеховых пролетов, в общественных — этажестояки, а в жилых домах — этаж жилой секции.

При укладке внешних сетей в качестве захватки принимают суточный фронт работ ведущей машины.

Во всех случаях размер захваток должен обеспечивать безопасную, удобную и производительную работу с учетом выполнения норм.

Ведущими производственными процессами являются укладка монтажных элементов в проектное положение и соединение их в общую систему трубопроводов. Эти процессы выполняют монтажными кранами, механизмами и приспособлениями, предназначенными для устройства стыков.

Технологическая особенность конструкций стыков трубопроводов, сооружаемых из различных видов труб, заключается в том, что все они, за исключением некоторых сварных стыков, выполняются вручную.

В качестве ведущей машины обычно принимают *монтажный кран*, который подбирают, исходя из условий работы, массы монтажных элементов и других факторов.

Объем работ на захватке должен быть достаточным для высокопроизводительной работы монтажного крана (или комплекта кранов) в течение 1—10 рабочих смен. В ритмичном строительном потоке количество смен, требуемое для выполнения одного процесса на захватке, называют ***модулем цикличности.*** Если сменную производительность монтажного крана (комплекта кранов) обозначить $П_э$ *м/смену*, а коэффициент перевыполнения норм для данных условий работы — α_0, то размер монтажного участка $l_{уч}$ определяют по формуле $l_{уч} = k\alpha_0 П_э$ *м*, где k — модуль цикличности,

принятый для всех производственных процессов.

При длине трассы L число участков $m = L/l_{уч}$.

В ритмичном строительном потоке работа монтажного крана должна быть увязана с работой экскаватора на рытье траншей, для чего $l_{уч} = l_э$, где $l_э$ — размер участка (захватки) для производства земляных работ, рассчитываемый по формуле

$$l_э = \frac{k\Pi'_э\alpha'_0}{V_{п.м}} = \frac{k\Pi'_э\alpha'_0 L}{V},$$

где $\Pi'_э$ — сменная производительность экскаватора, $м^3/смену$; α'_0 — коэффициент перевыполнения норм в данных условиях производства земляных работ; $V_{п.м}$ — приведенный объем грунта на 1 $м$ трассы (по длине); V — объем грунта, разрабатываемый при устройстве траншей длиною L.

При устройстве глубоких траншей, например для фекальных коллекторов, может оказаться, что $l_э < l_{уч}$, а при небольшой глубине траншей (особенно прямоугольного поперечного сечения), разрабатываемых многоковшовыми экскаваторами, бывает, что $l_э > l_{уч}$. Тогда в первом случае приходится увеличивать число смен работы экскаватора или количество экскаваторов (вводить параллельные потоки) либо принимать другой, более производительный экскаватор. Во втором случае аналогичные решения надо принимать по отношению к работе крана.

Следовательно, в ритмичном строительном потоке размер монтажного участка должен удовлетворять требованию $l_{уч} = c'l_э$, где c' — коэффициент кратности фронта работ. Если $c' = 1$, оба специализированных потока (трубоукладочных и земляных работ) выполняются в одном ритме, если $c' > 1$, надо принять меры по повышению производительности потока земляных работ.

На строительстве стальных трубопроводов широко применяют *сварочные автоматы и полуавтоматы*, которые можно принять в качестве ведущей машины. Фронт работы $l_{см}$ в этом случае, исходя из необходимости обеспечить нормальную производительность сварочного поста в рабочую смену, определяют по формуле

$$l_{см} = \frac{L}{T'_{св}} c \ м.$$

Здесь L — общая длина трассы трубопровода, $м$; c — продолжительность рабочей смены, $ч$; $T'_{св}$ — нормативная продолжительность сварки всех стыков на трассе длиною L, $ч$, вычисляемая из выражения $T'_{св} = \sum t_{св}S_{св}$, где $t_{св}$ — нормативная продолжительность сварки одного стыка для труб данного диаметра, $ч$; $S_{св}$ — количество стыков для труб данного диаметра по сварочно-монтажной схеме, шт.

Темп работы ведущей машины (комплекта) v, определяющий скорость всего комплекса трубоукладочных работ и выражаемый протяженностью участка трубопровода, обрабатываемого в таком производственном потоке за единицу времени, принимают так:

$$v = \frac{L}{T'_{св}} = \frac{L}{\sum t_{св}S_{св}} \ м/ч.$$

По темпу работы ведущей машины (комплекта) подбирают остальные средства механизации и определяют потребность в рабочих для выполнения остальных процессов.

§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В зависимости от назначения трубопроводов и условий строительства применяют различные схемы организации процессов прокладки труб.

При монтаже внутренних сетей работы организуют по горизонтальной (Г), вертикальной (В) или комбинированной (К) схемам (рис. XII.19,*а*).

Горизонтальную схему потока применяют при возведении крупнопанельных жилых домов, когда строительные конструкции и санитарно-технические устройства в виде кабин и блоков монтируют параллельно совмещенным потоком.

В зданиях, не имеющих технического подполья и возводимых из крупных кирпичных и других блоков, санитарно-технические работы выполняют после возведения всех строительных кон-

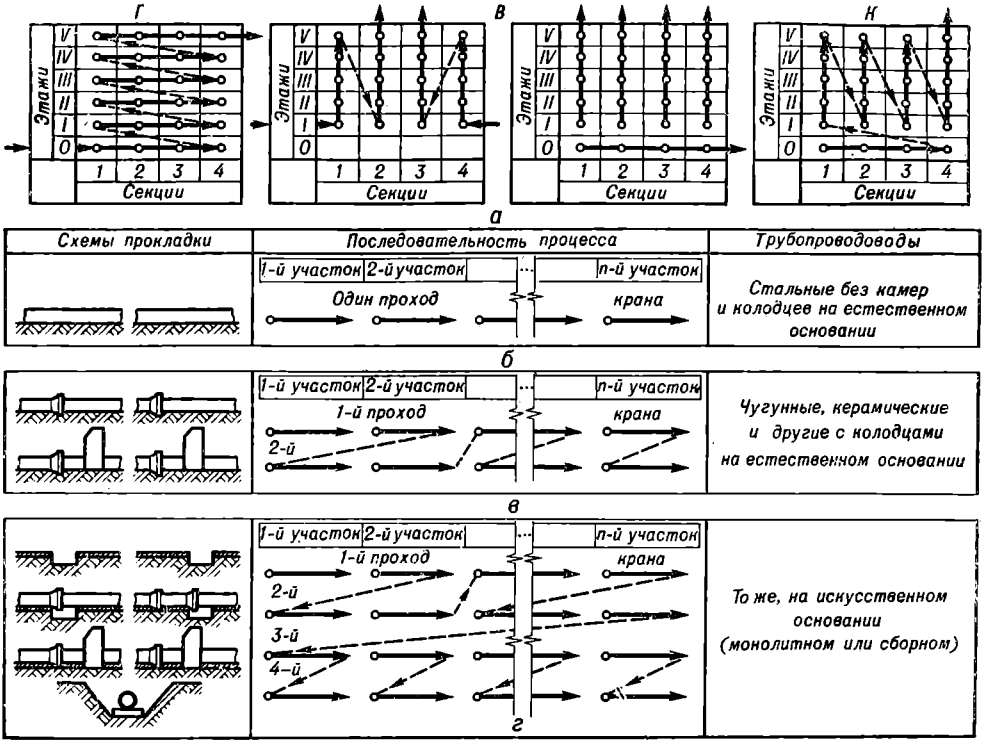


Рис. XII.19. Схемы организации процессов прокладки трубопроводов:

внутридомовых сетей: *а* — горизонтальная (Г); вертикальная, двумя и четырьмя параллельными потоками (В); комбинированная, одним потоком (К); наружных сетей: *б* — одним потоком за один проход крана; *в* — одним потоком за два прохода крана; *г* — двумя или бо́льшим числом потоков одним или двумя кранами за два или несколько проходов.

струкций двумя параллельными потоками по вертикальной схеме.

По этой же схеме монтируют системы внутридомовых трубопроводов при возведении многоэтажных жилых зданий. Количество параллельных потоков зависит от объема работ, числа секций в доме и т. п. Магистрали прокладывают отдельным потоком.

При наличии в крупноблочных домах технического подполья работы ведут по комбинированной схеме одним потоком. Сначала прокладывают все магистральные линии в техническом этаже по горизонтальной схеме, потом — последовательно в каждой секции по вертикальной схеме монтируют распределительные трубопроводы.

До начала монтажа внутренних сетей должны быть выполнены все подготовительные работы (см. с. 380), включая оштукатуривание поверхностей ограждающих конструкций зданий.

При укладке внешних сетей выбор схемы организации строительных процессов зависит от объема и условий производства работ, назначения и конструктивной сложности трубопроводов (рис. XII.19,*б*,*в*,*г*).

В связи с многообразием условий, в которых прокладываются трубопроводы, единой технологии производства работ вдоль трассы быть не может. Например, трубопровод в городских условиях пересекает участки с сухими, мокрыми и скальными грунтами, проходит под искусственными и естественными препятствиями и т. п. Для каждой группы подобных участков разрабатывают соответствующую технологию производства работ и комплектуют специализированные звенья и бригады.

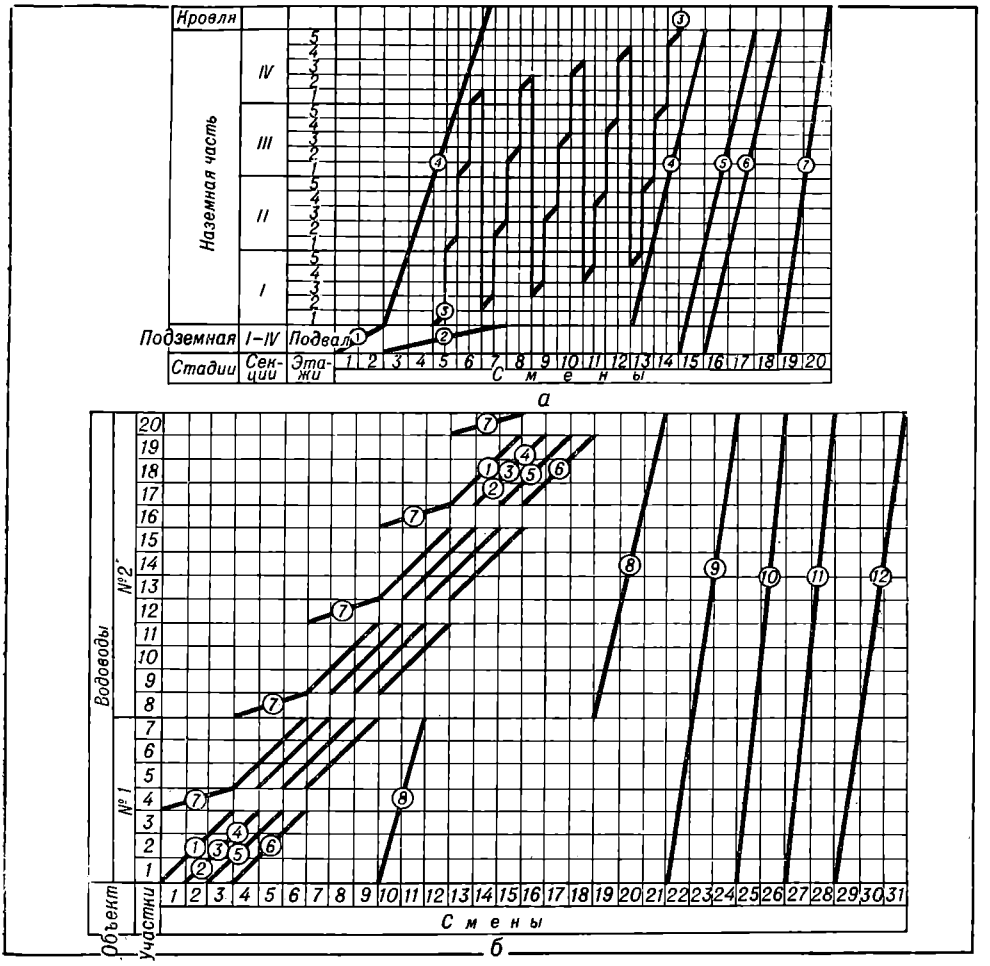


Рис. XII.20. Циклограммы производства работ:

а — монтажа системы отопления (по горизонтальной схеме): *1* — разгрузка, подъем и раскладка монтажных элементов; *2* — монтаж распределительных трубопроводов $d > 40$ *мм*, включая и арматуру; *3* — то же, $d < 40$ *мм*; *4* — установка приборов; *5* — испытание (гидравлическое, предварительное); *6* — то же, окончательное; *7* — то же, на тепловой эффект; *б* — монтажа наружных сетей (из одиночных труб): *1* — укрупнительная сборка труб в звенья; *2* — укладка звеньев в траншею; *3* — установка фасонных частей; *4* — сварка стыков; *5* — предварительное испытание; *6* — изоляция стыков и поврежденных мест; *7* — закрытая прокладка труб под перекрестками улиц; *8* — испытание (окончательное); *9* — промывка (предварительная); *10* — оснастка трубопроводов; *11* — хлорирование; *12* — промывка окончательная.

Проектную документацию оформляют в виде технологических нормалей для комплексных процессов по каждой типовой захватке. Технологию выполнения всех процессов определяют в технологических картах, стремясь к совмещению выполняемых процессов, что способствует сокращению сроков работ. Исходя из этого составляют пусковые схемы, в которых определяют *очередность* ввода в эксплуатацию законченных участков сети и *требуемую мощность* специализированных потоков для окончания работ в установленные сроки.

Порядок перемещения звеньев указывают на принятых схемах потоков, где обозначают границы участков (захваток). Сроки выполнения процес-

сов указывают на циклограммах (рис. XII.20,*а*,*б*).

Эффективность принятой технологии и организации процессов прокладки труб характеризуется тремя основными технико-экономическими показателями: скоростью прокладки (*м/смену*), трудоемкостью (*чел-ч/м*) и стоимостью (*руб./м*) готового, т. е. смонтированного и испытанного трубопровода.

§ 3. КАЧЕСТВО И ПРИЕМКА РАБОТ

Трубопроводы прокладывают в соответствии с требованиями проекта, ТУ и СНиП III-30-74, СНиП III-А. 11-70. Качество строительства определяется степенью его соответствия этим требованиям. Для их соблюдения организуют контроль качества применяемых материалов, изделий, конструкций и пооперационный контроль технологии выполнения строительно-монтажных процессов.

Качество материалов и изделий проверяют на стадии подготовки производства в лабораториях и на заготовительных предприятиях, сравнивая данные сертификатов поставщиков с требованиями ГОСТ, ТУ и проекта. При отсутствии сертификатов производят лабораторные испытания материалов.

Контроль выполнения строительно-монтажных процессов заключается в систематической проверке качества каждой выполняемой операции: соединения труб (сборка и уплотнение стыков, наложение сварных швов и т. п.), их изоляции и укладки, соблюдения проектных уклонов и др. Такой контроль осуществляют комплексно приобъектные (стационарные) и полевые (передвижные) лаборатории.

Построенный трубопровод (систему) принимает в эксплуатацию специальная комиссия. Техническая приемка проводится в три стадии: а) просмотр и проверка технической и исполнительной документации; б) внешний осмотр и выборочная проверка качества устройства отдельных частей и элементов системы; в) опробование системы.

В журналах производства работ отражают их ход (время — календарное и суточное), температуру наружного воздуха, наличие атмосферных осадков и другие особенности условий строительства, а также качество выполнения отдельных операций, конструктивных элементов и объектов в целом.

В состав технической документации, предъявляемой при сдаче-приемке трубопроводов, входят исполнительные чертежи, акты на скрытые работы и др. На основе всех этих данных составляют акт о приемке-сдаче трубопровода (системы) в эксплуатацию.

§ 4. ОХРАНА ТРУДА

Безопасность труда обеспечивается прежде всего правильным выбором и технологически обоснованными размерами рабочих мест и их организацией. Большое значение имеет также содержание в исправности машин, механизмов, инструментов, приспособлений, правильное их хранение и эксплуатация. В необходимых случаях применяют защитные устройства, ограждения, предохранительные крепления, звуковую и световую сигнализацию, различные предупредительные надписи. Рабочим выдают специальную одежду и обувь и т. д.

Для обеспечения надежного положения монтажных элементов и труб при их доставке, разгрузке, подъеме и укладке применяют специальные упоры, насадки, турникеты и крепления на трубовозах, траверсы, стропы, пояса и захваты для подъема и укладки монтажных элементов и др. Все эти приспособления и устройства, тяговые канаты, тросы, полиспасты и т. п. систематически проверяют во избежание внезапных обрывов в процессе работы.

Все рабочие места, а также соединяющие их транспортные зоны и крепления траншей надо содержать в порядке, обеспечивающем безопасное выполнение работ и перемещение транспортных средств, монтажных кранов и других машин и механизмов в монтажной зоне. В полевых условиях, особенно на пересеченной местности, вдоль траншей или каналов планируют полосы шириною 7—8 *м* и устраивают временные подъездные дороги.

Трубы и другие монтажные элементы, а также пути движения кранов и транспорта размещают не ближе чем на расстоянии 1—1,5 *м* от бровки траншей. Трубы укладывают на надежные опоры параллельно траншее или под некоторым углом к ней и укрепляют так, чтобы предотвратить их скатывание в траншею.

Инженерные коммуникации (особенно высоковольтные кабели), пересекающие траншеи, во избежание повреждений защищают оплеткой, коробами, подвешивают к балкам, уложенным через траншеи, и т. п.

Если трубопровод укладывается по косогорам с уклоном более 10%, трубы закрепляют вбитыми в землю якорями, а момент устойчивости трубоукладчиков проверяют расчетом. Длину, глубину и толщину якорей и лежней, а также расстояние между ними определяют расчетом в зависимости от диаметра труб, ширины траншеи и угла естественного откоса грунта.

При соединении труб особое внимание уделяют организации рабочих мест электро- и газосварщиков, которые ограждают щитами. Сварочные кабели защищают от повреждений. Ежедневно проверяют заземление электросварочных агрегатов и свариваемых труб. Кислородно-ацетиленовую резку в колодцах, глубоких траншеях, шахтах и т. п. резчики выполняют в масках, в которые воздух подают по шлангам. Колодцы вентилируют переносными вентиляторами (ручными или механизированными). Ацетиленовые генераторы, а также аппараты, работающие на жидком горючем (керосин, бензин), ограждают с соблюдением специальных требований взрыво- и пожаробезопасности.

При просвечивании стыков тщательно соблюдают санитарные нормы и правила обращения с радиоактивными веществами. Ампулы с изотопами радия хранят и перевозят только в свинцовых контейнерах на специально выделяемом транспорте.

Во время радиографирования надо строго соблюдать дистанцию между ампулой и техником-радиографом, установленную санитарными нормами, и не допускать в рабочую зону посторонних лиц. Степень получаемого облучения каждый радиограф контролирует индикатором, который он обязан иметь при себе.

При прокладке трубопроводов закрытым способом ограждают рабочий и приемный котлованы, рабочие зоны машин и механизмов, а для спуска рабочих в котлован устанавливают стремянки и вблизи них — предупредительные надписи (в ночное время — световые сигналы).

На строительстве тоннелей и штолен к рабочим местам временными вентиляционными системами подают воздух (из расчета не менее 15 $м^3/ч$ на одного рабочего). Обязательно не реже двух раз в неделю проводят лабораторное исследование воздуха на содержание углекислого газа. Силовые и осветительные электрические сети питают через понизительные трансформаторы до 12 *в*.

Водолазные работы, особенно в зимних условиях, производят по специально утвержденным инструкциям. Все снаряжение водолазов перед началом работ ежедневно проверяют и испытывают. Так, шланги для подачи воздуха испытывают давлением не менее 1 $Мн/м^2$ (10 *ати*) независимо от глубины погружения водолаза, а зимой проверяют, нет ли в них ледяных пробок. Контролируют также герметичность скафандров, исправность водолазных станций и т. п. Майны ограждают, устанавливают предупредительные знаки и световые сигналы. Во время ледохода и паводка на строительстве переходов ведут круглосуточное дежурство.

Во время прокладки трубопроводов на дне водоемов и в болотистых местностях тщательно следят за устройством и состоянием подъездных дорог, а при производстве работ в горах и монтаже арочных и висячих трубопроводов — за соблюдением правил техники безопасности монтажных работ на высоте (см. с. 308).

Когда проводятся работы по продувке воздухом или газом, хлорированию и испытанию трубопроводов сжатым воздухом, организуют постоянное дежурство рабочих по трассе, особенно в опасных зонах. Места установки компрессоров, насосов, продувочных свечей, патруб-

ков и измерительных приборов ограждают. Обязанности дежурных определяют специальными инструкциями.

Аналогичные меры предпринимают при подключении трубопроводов к действующим сетям, особенно к газовым. Главное внимание обращают на тщательное соблюдение противопожарных правил (снижение давления газа, установка и защита резиновых пузырей от огня и искр, оборудование мест врезки средствами для тушения пожара и т. п.).

Глава 9

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОКЛАДКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И СЛАБОТОЧНЫХ СЕТЕЙ. АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Электрические сети высокого (от 1 до 10 *кв*) и низкого (380/220 и 220/127 *в*) напряжения, а также слаботочные линии связи прокладывают в виде подземных кабельных и надземных воздушных линий. Внутри зданий проводку устраивают скрытую или открытую.

§ 1. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

Кабели прокладывают в траншеях, трубах, каналах, в коллекторах и по отдельным конструкциям в одну, две, три и более параллельных линий.

В траншеях глубиной до 0,8 *м* кабели укладывают на песчаную подушку толщиной до 10 *см* и перекрывают таким же по высоте слоем песка. Сверху насухо тычками выкладывают защитный слой кирпича.

Прокладка **в бетонных и железобетонных блоках и трубах** более удобна в эксплуатации, так как дает возможность менять кабели без вскрытия траншей и надежно защищает кабели от механических повреждений и действия агрессивных сред, иногда содержащихся в грунтах.

За состоянием кабельных линий, проложенных в **полупроходных и проходных каналах, коллекторах, тоннелях и галереях**, можно систематически наблюдать, но общая стоимость строительства таких сетей больше, чем при прокладке в блоках. Однако это компенсируется тем, что одновременно с кабелями в таких коллекторах и галереях прокладывают другие инженерные сети (водопровод, теплопроводы и др.).

§ 2. ПРОКЛАДКА НА ОПОРАХ

Воздушные линии электропередач и слаботочных сетей устраивают на опорах. Деревянные, железобетонные и металлические опоры, столбы и мачты подразделяют на четыре основных типа: промежуточные (в виде одиночных столбов), А-образные (на спайках проводов для установки разрядников), анкерные (на переходах) и угловые (на поворотах трассы). Металлические опоры разрешается применять только для линий напряжением более 1000 *в*.

Для воздушных линий напряжением до 1000 *в* применяют алюминиевые или стальные оцинкованные провода. Навеска неоцинкованных однопроволочных проводов допускается на временных линиях. Крепят провода на штыревых изоляторах проволочными вязками или специальными зажимами. Соединяют провода соединительными зажимами, электроконтактной или термитной сваркой и др.

Для высоковольтных воздушных линий применяют алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода и тросы. Крепят их на штыревых или подвесных изоляторах (гирляндах) поддерживающими и натяжными замками.

§ 3. ПРОКЛАДКА ВНУТРИ ЗДАНИЙ

Скрытую проводку выполняют изолированными проводами и небронированными кабелями мелких сечений в глухих (неоткрывающихся) коробах, гибких металлических рукавах и трубах. Трубы применяют неметаллические, бумажно-металлические и стальные (водогазопроводные и тонкостенные)

Соединяют их металлическими муфтами. Стальные трубы перед укладкой защищают от коррозии, окрашивая их внутри и снаружи.

Перед бетонированием фундаментов под технологическое оборудование укладываемые в них трубы надежно крепят к арматуре или другим конструкциям, соблюдая требуемые уклоны для стока конденсата.

В крупнопанельных и крупноблочных жилых зданиях электропровода укладывают в специальные каналы в строительных конструкциях, а штепсельные розетки, осветительные коробки и т. п.— в ниши (гнезда).

Открытую проводку устраивают на изолирующих креплениях на высоте 2,5 *м* от пола или непосредственно по ограждающим поверхностям, используя плоские провода.

К *деревянным поверхностям* ролики и клицы крепят шурупами, а к *металлическим* — винтами. Применяют также дюбеля (штыри). Крюки и кронштейны для изоляторов надежно заделывают в основной материал ограждающих конструкций. Расстояние между креплениями — от 0,8 до 3 *м*.

Сквозь стены, перегородки и междуэтажные перекрытия кабельные линии и провода прокладывают в трубах (металлических, стеклянных и др.) с изолирующими втулками и сальниковыми уплотнениями.

Во взрыво- и пожароопасных помещениях электрические провода также прокладывают в трубах и открыто по изоляторам, но осветительная арматура, электродвигатели и другие виды электрооборудования должны быть во взрывобезопасном исполнении, причем отключающие устройства и щиты надо выносить за пределы помещений.

§ 4. ПОДГОТОВКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ К ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫМ РАБОТАМ

Монтаж электрооборудования, прокладку сетей, присоединение кабелей и проводов к электрооборудованию выполняют после окончания строительно-монтажных и подготовительных работ. В производственных зданиях готовность строительных конструкций должна обеспечивать безопасное проведение электромонтажных работ, защиту от атмосферных осадков, грунтовых вод, низких температур, случайных повреждений при выполнении последующих отделочных, санитарно-технических и других работ. Должны быть готовы также дренажи и гидроизоляция.

Борозды, пустоты, каналы, ниши и отверстия в стенах и междуэтажных перекрытиях зданий для прокладки сетей телефонной, радио- и телесвязи устраивают при производстве общестроительных работ в соответствии с проектом электрооборудования. В крупноблочном и крупнопанельном строительстве все это делается во время изготовления строительных конструкций на ДСК.

При открытой проводке стены и потолки штукатурят до начала электромонтажных работ, а при скрытой — после прокладки проводов или труб. Провода в трубы затягивают до наклеивания обоев, окончательной окраски стен и дощатых полов или циклевки паркетных полов. Провода открытой проводки и осветительные приборы монтируют по окончании отделочных работ (за исключением окраски дощатых и циклевки паркетных полов).

Электромонтажные работы в зданиях специального электротехнического назначения (подстанции, машинные залы и др.) ведут по этапам в соответствии с проектом производства работ.

Готовность фундаментов под монтаж технологического и энергетического оборудования оформляют актом.

Монтаж технологических установок должен предшествовать электромонтажным работам.

В каналах, тоннелях и колодцах к началу электромонтажных работ устанавливают все закладные части, лестницы и решетки на водосборниках. Люки и другие входы в тоннели, каналы и колодцы должны быть закрыты. Каналы кабельных блоков и трубы очищают от грязи и высушивают.

Опоры воздушных линий электропередач вместе с закрепленными на них траверсами и кронштейнами для навески проводов устанавливают, выверяют и сдают под монтаж проводов по акту.

§ 5. ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ РАБОТ

При производстве электромонтажных работ, как правило, применяют комплекты крупноблочных электротехнических устройств, собираемых на заводах и заготовительных участках. Там же собирают, налаживают и испытывают различное электротехническое и энергетическое оборудование и приборы.

Работы организуют в два этапа.

На первом этапе осуществляют все подготовительные и заготовительные процессы: приемку фундаментов и опорных конструкций, разметку и установку закладных частей и средств крепления, подготовку и разметку трасс электропроводок, доставку элементов и блоков силовых и осветительных сетей и т. п.

На втором этапе монтируют электрооборудование, скомпонованное в узлы и блоки, прокладывают сети, подключают кабели и провода к токоприемникам, испытывают и опробуют работу готовых систем и агрегатов и выполняют другие послемонтажные работы.

§ 6. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ И НАВЕСКА ПРОВОДОВ

Кабели прокладывают после подготовки опорных конструкций. На трассу кабели доставляют в барабанах, раскатывают

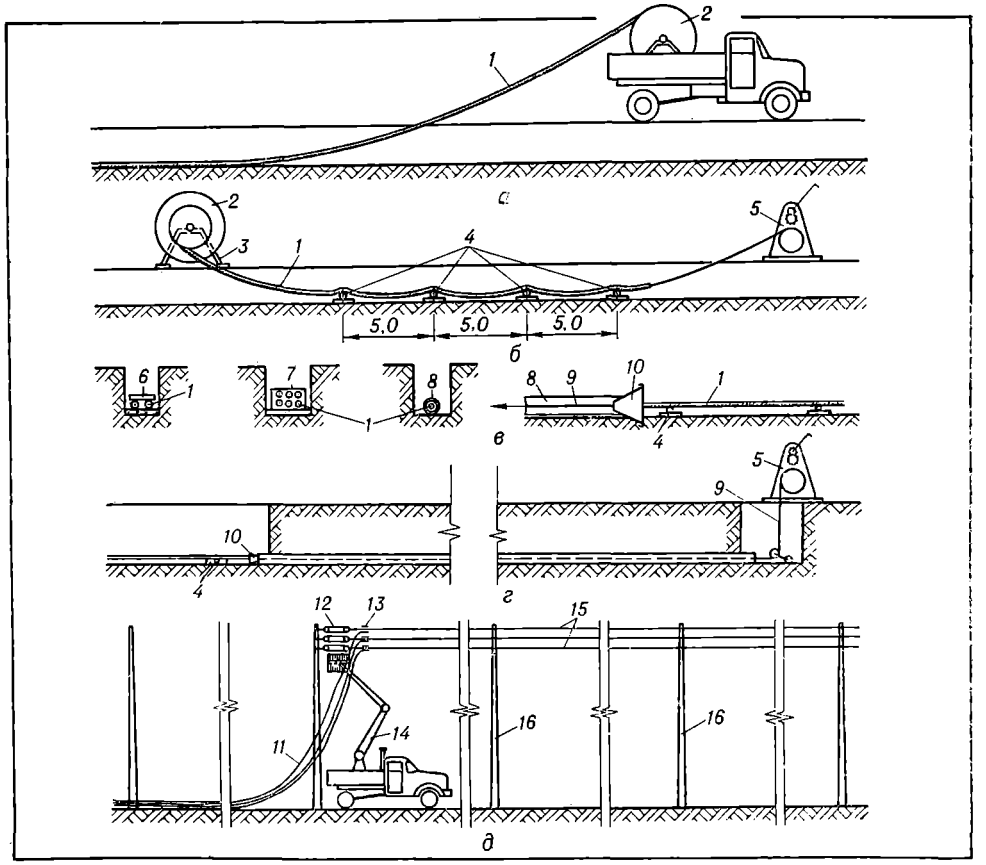


Рис. XII.21. Прокладка кабелей и навеска проводов:

а — с транспортных средств; *б* — с помощью лебедок; *в* — в траншеях, блоках и трубах; *г* — под дорогами; *д* — на опорах; *1* — кабели; *2* — барабаны; *3* — подъемник-опора; *4* — ролики; *5* — лебедка; *6* — кирпич; *7* — бетонный блок; *8* — асбестоцементная труба; *9* — тяговые канаты; *10* — воронка; *11* — провода, подготовленные для навески; *12* — полиспасты; *13* — зажимы; *14* — гидроподъемник; *15* — навешенные провода; *16* — железобетонные опоры.

вдоль траншеи и укладывают на ее дно змейкой (рис. XII.21,*а*, *б*).

Наращивают кабели с помощью соединительных муфт, которые заделывают жидким эпоксидным компаундом К-115.

После укладки кабеля испытывают сопротивление его изоляции повышенным напряжением. Затем составляют исполнительный план укладки, отмечают на нем места установки соединительных муфт, привязывая их к постоянным предметам на местности, и маркируют кабели.

В блоки и трубы (рис. XII.21, *в*) кабель протягивают, предварительно смазав его солидолом.

Если кабель пересекается с железнодорожными, шоссейными, трамвайными и другими путями, под ними сначала способом вибропрокола прокладывают стальные трубы диаметром 75—100 *мм*, в которые потом затягивают кабель (рис. XII.21,*г*).

Зимою перед разматыванием, переноской и укладкой кабели прогревают, пока температура наружного витка на барабане не достигнет $+20 \div +30°$ С. Укладывают подогретый кабель как можно быстрее, не допуская перегибов, и сразу же присыпают сухим мелким песком. Окончательно засыпают после полного его остывания (через 8 *ч*).

Провода на опоры воздушных линий навешивают после разматывания с барабанов и раскладки вдоль трассы. Сначала свободный конец провода укрепляют на траверсе первой опоры (рис. XII.21,*д*). Потом телескопической передвижной вышкой провод поднимают и временно крепят к траверсе следующей опоры. После такой временной навески провод натягивают и прикрепляют к изоляторам.

Электропроводку внутри зданий выполняют вручную. В трубы и каналы провода затягивают по той же схеме, что и кабели. Работы на высоте при отсутствии специальных лесов, подмостей и гидроподъемников ведут с передвижных площадок, огражденных перилами, а также с телескопических вышек. Стальные полосы внутренней сети заземления прикрепляют к строительным конструкциям сваркой или прострелкой строительно-монтажным пистолетом.

В качестве временных заземляющих проводников используют металлические конструкции зданий (фермы, колонны), подкрановые пути, шахтные подъемники и др.

Металлические элементы электропроводки (короба, трубы и др.) окрашивают масляной краской или асфальтовым, этинолевым и другими антикоррозионными лаками.

Сдачу-приемку в эксплуатацию кабельных и воздушных линий, внутренних электропроводок и электрооборудования производит комиссия из представителей заказчика и подрядчика.

§ 7. АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Подземные стальные сооружения, в том числе трубопроводы и кабели, подвергаются физическому и химическому воздействию окружающей среды. При этом возникают явления электрохимической коррозии металла труб, оболочек кабелей и др. Интенсивность процесса коррозии зависит от коррозионной активности грунтов, обусловленной наличием влаги, растворенных в ней солей, кислот, щелочей и от блуждающих токов. В связи с этим осуществляют специальную защиту подземных металлических сооружений от коррозии. Различают пассивные и активные методы защиты.

К пассивным методам защиты относят всевозможные гидроизоляционные покрытия, которые препятствуют контакту трубопроводов (кабелей) с окружающей средой и увеличивают электрическое сопротивление блуждающим токам (см. с. 336).

Активные средства защиты (рис. XII.22)— это специальные электрические устройства, используемые для организованного отвода блуждающих токов из анодных зон или для приведения трубопроводов в катодное состояние током от внешнего источника. С этой целью на сетях ставят изолирующие вставки и электронные фильтры, а в анодных зонах устанавливают электрические дренажи, протекторы и катодные станции.

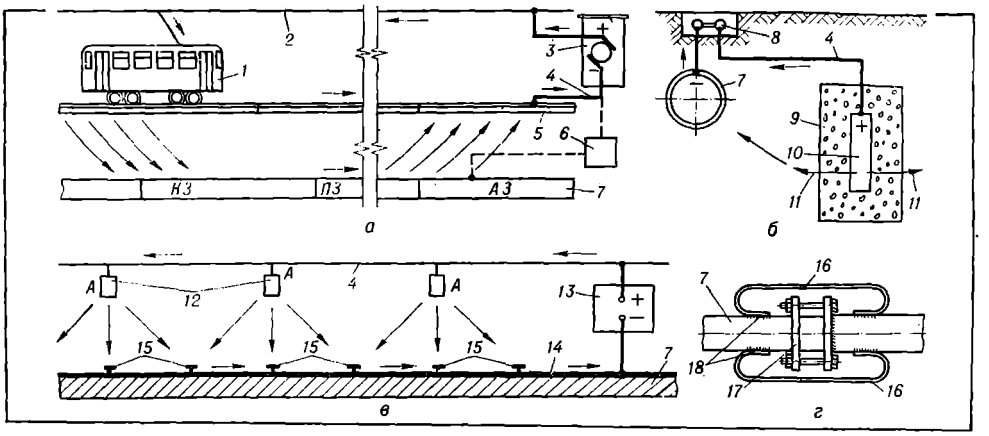


Рис. XII.22. Схемы активной (электрической) защиты подземных трубопроводов:
а — дренажной; *б* — анодной (протекторной); *в* — катодной; *г* — шунтирующая перемычка; *1* — подвижной состав; *2* — контактная сеть; *3* — электрическая подстанция; *4* — кабель; *5* — ходовой рельс; *6* — дренажное устройство; *7* — защищаемый трубопровод; *8* — контрольная коробка (ко́вер); *9* — обсыпка; *10* — протектор; *11* — направление тока; *12* — аноды; *13* — катодная станция; *14* — гидроизоляция; *15* — экранные заземлители; *16* — шунтирующие перемычки; *17* — компенсатор; *18* — сварка; КЗ — катодная зона; ПЗ — переходная зона; АЗ — анодная зона.

Электрический дренаж (рис. XII.22,*а*) предназначен для отведения блуждающих токов с анодных зон сооружения к источнику тока с помощью изолированного металлического проводника с дренажным устройством. Различают *прямой* (простой) и *поляризованный* дренаж. В первом случае дренажное устройство обладает двусторонней проводимостью, во втором — односторонней.

Общая схема устройства дренажной защиты такова. К защищаемому сооружению, например к трубопроводу, подключают электрический кабель. Второй конец кабеля присоединяют к ходовому рельсу пути или к отрицательной шине тяговой подстанции. В кабель включают дренажное устройство, которое пропускает ток только одного знака.

При изменении знака дренируемого тока, т. е. разности потенциалов, дренажное устройство автоматически отключает систему. Изменение разности потенциалов возникает вследствие изменения потребления электрической мощности, например, когда движение на трамвайной линии прекращается или увеличивается.

Устройство дренажной защиты на одном из подземных металлических сооружений, например на газовых сетях, приводит к образованию анодных зон на смежных подземных объектах (теплосетях, кабелях электросвязи и т. п.), вследствие чего они разрушаются. Поэтому электрический дренаж особенно эффективен при совместной (комплексной) защите от коррозии всех подземных металлических сооружений (трубопроводов, кабелей и др.) общими защитными устройствами.

Для ответвлений инженерных сетей, где электродренаж нецелесообразен по технико-экономическим соображениям, применяют анодную (протекторную) защиту (рис. XII.22,*б*). Сущность ее в том, что к ответвлению трубопровода (кабеля) через каждые 15—20 *м* подключают протекторы (анодные электроды) из цинкомагниевоалюминиевого сплава. Этот сплав обладает более низким электрическим потенциалом, чем металл защищаемого трубопровода, и образует с ним гальваническую пару, в которой трубопровод — катод, а протектор — анод.

Катодную защиту инженерных сетей (рис. XII.22,*в*) применяют, когда устройство электрического дренажа нецелесообразно по технико-экономическим соображениям. Подземные сооружения в этом случае защищают током от внешнего источника. При включении источника электрический ток идет

по кабелю, а от него через подключенные к нему аноды на трубопровод, образуя по всей его длине катодные зоны, а затем возвращается к источнику. Коррозия металла при этом резко сокращается или прекращается вовсе. Процесс разрушения переносится на закладываемый в землю металл анодных заземлений.

Радиус действия одной станции, включающей источник тока и кабель с комплектом анодов, определяется качеством пассивной защиты — гидроизоляционного покрытия. Одна катодная станция может защищать участок трубопровода длиной от 1—2 до 15—20 *км*. Чем новее и качественнее изоляционное покрытие, тем меньше расход электроэнергии для защиты трубопровода и тем больший участок может защитить одна катодная станция.

Для повышения эффективности катодной защиты применяют экранные заземления, подключаемые непосредственно к трубопроводу и выдвигаемые в сторону анодов на 10—15 *м*.

Недостаток катодной защиты — необходимость в постоянном источнике тока.

Электрическая защита подземных сетей осуществляется по специальному проекту. Сначала при укладке трубопроводов (кабелей) устанавливают изолирующие вставки, контрольные проводники и шунтирующие перемычки (рис. XII.22, *г*). После укладки сетей замеряют разности потенциалов «сооружение — земля» и «сооружение — рельсы», а также ток, сходящий с единицы поверхности сооружения (поверхностная плотность тока утечки). На основании этих данных строят диаграммы распределения разности потенциалов на защищаемых сооружениях и выбирают наиболее целесообразное для конкретных условий сочетание различных методов защиты.

Координацию всех работ по устройству комплексной защиты инженерных сетей проводят комитеты антикоррозионной защиты, постоянно действующие при исполкомах местных советов.

РАЗДЕЛ XIII

ОТДЕЛКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Глава 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТДЕЛОЧНЫХ ПРОЦЕССАХ

Отделочные процессы выполняют на завершающем этапе строительства. Их назначение — придать зданию или сооружению законченный вид, отвечающий заданным эстетическим и утилитарным требованиям.

К отделочным процессам относят остекление, оштукатуривание, отделку сопряжений, облицовку, установку столярных изделий и деталей, малярные процессы, устройство покрытий полов, а также декоративную отделку с окончательной доводкой всех поверхностей и деталей перед сдачей объекта в эксплуатацию.

Современной организацией отделочных процессов предусматривается:

поступление на объект санитарно-технических кабин, оборудования кухонных узлов, оконных и дверных блоков, панелей стен и многих других изделий полностью отделанными либо с максимальной степенью готовности;

крепление насухо или на специальных клеях изделий и деталей из пластмасс, древесно- и бумажно-слоистых пластиков, алюминия, нержавеющей стали, окрашенного стекла, камня и др.;

изготовление малярных и других составов и полуфабрикатов на заводах и поставку их на объекты в удобной таре в готовом для употребления виде;

выполнение отделочных процессов поточным методом с комплексной их механизацией, использованием передвижных установок, электрифицированного инструмента и методов научной организации труда.

Все это уменьшает объем отделочных работ, выполняемых на объекте, и количество процессов, нуждающихся в перерывах на сушку, что сокращает продолжительность строительства и снижает трудоемкость работ.

При отделке зданий из кирпича, мелких блоков и других местных материалов нельзя обойтись без трудоемких и длительных «мокрых» процессов (оштукатуривание стен и перегородок, устройство подготовок под полы и др.). Например, отделка кирпичного дома занимает около 40% времени, отведенного на его строительство, а трудоемкость составляет до 35% общей.

Последовательность выполнения отделочных работ и их совмещение с монтажными и другими общестроительными процессами устанавливают в зависимости от особенностей конструкции и технологии возведения здания или сооружения.

Жилые 9-этажные дома возводят по графику, предусматривающему, что ко времени окончания кровли внутренние общестроительные работы и прокладка инженерных сетей также будут закончены. Организация, производящая отделочные работы, приняв здание по акту, приступает к отделке, начиная с верхних этажей, и ведет ее обычно в два или три этапа: на первом этапе выполняют подготовку поверхностей к отделке и чистовую отделку потолков; на втором (и третьем) заканчивают работы по устройству покрытий полов, отделке стен, установке сантехнических и электротехнических приборов и оборудования и т. д.

При возведении зданий выше 9 этажей отделочные работы ведут снизу вверх. Для защиты от атмосферных осадков на перекрытиях (например, на 6-м, затем на 11-м этажах и т. д.) укладывают изоляционный ковер из рубероида и обеспечивают отвод воды. Работы выполняют под защитой не менее двух смонтированных перекрытий.

§ 2. ПОДГОТОВКА ЗДАНИЯ К ОТДЕЛКЕ

Для производства отделочных работ здание надо подготовить, т. е. остеклить переплеты и закрыть временные проемы; завершить мокрые процессы, сопровождающие монтаж конструкций и прокладку внутренних сетей; заделать все неконструктивные стыки и зазоры, места прокладки сквозь конструкции трубопроводов и других коммуникаций; оштукатурить ниши под радиаторы. Одновременно опрессовывают и опробуют отопление. Монтажники обязаны систематически проводить уборку, используя для спуска мусора деревянные короба.

Отделочные работы выполняют при температуре воздуха внутри помещений не ниже +8° С, относительной его влажности не более 60% и влажности поверхностей 6—10%. Влага, накапливающаяся в конструкциях, к началу отделки не успевает испариться, поэтому часто нужна искусственная сушка для удаления влаги из всей толщи конструкций и слоев отделки. Кроме того, в зимних условиях надо поддерживать постоянную положительную температуру внутри помещений.

Обогрев и сушку проводят: а) постоянной системой отопления, но с повышенным в 1—2 раза теплосъемом с радиаторов; б) при обычном теплосъеме, но с дополнительными воздухонагревателями для интенсификации процессов сушки; в) воздухонагревателями и электрокалориферами теплопроизводительностью от 151 до 581 тыс. *вт* (от 130 до 500 тыс. *ккал/ч*) при бездействующей системе отопления.

При сушке многоэтажного дома с бездействующей системой отопления горячий воздух поступает из размещенного у входа в здание воздухонагревателя или электрокалорифера, установленного в лестничной клетке.

Для высушивания отдельных участков используют термоизлучающие установки: газовые горелки радиационного типа, инфракрасные и ламповые излучатели, установки, экранирующие тепло, и др.

Применять для обогрева и сушки жаровни, «мангалы» и открытые печи запрещается.

Глава 2

ОСТЕКЛЕНИЕ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Оконные переплеты остекляют листовым оконным стеклом толщиной 2—6 *мм* или стеклопакетами. Фонари верхнего света остекляют армированным полумиллиметровой проволокой листовым стеклом толщиной 5—5,5 *мм*.

Для остекления витрин и витражей, изготовления дверных полотен и облицовки панелей фасадов применяют специальные стекла: полированные толщиной 5—10 *мм*, витринные плоские и гнутые толщиной 6—10 *мм*, волнистые стекла типа «сталинит» и др. Размеры листов устанавливаются заказом или техническими условиями заводов.

Для крепления стекол служат металлические клямеры, шпильки, пружины и штыри, прокладки из резины, металлические и деревянные штапики, а также различные стекольные замазки.

Работы по остеклению состоят из заготовительных процессов, выполняемых в мастерских (резка стекла, приготовление замазок и других крепежных материалов), транспортных работ (доставка стекла и крепежных материалов к месту установки в специальной таре) и работ по вставке стекол.

§ 2. ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Стекло размечают и нарезают по размеру на верстаках, обитых войлоком и снабженных мерными рейками или универсальными линейками (рис. XIII.1, *а*). Размеры готового стекла должны быть на 3—4 *мм* меньше размеров проема между фальцами. Это предохраняет стекло от перегрузок при набухании деревянных и сжатии на морозе металлических и железобетонных переплетов.

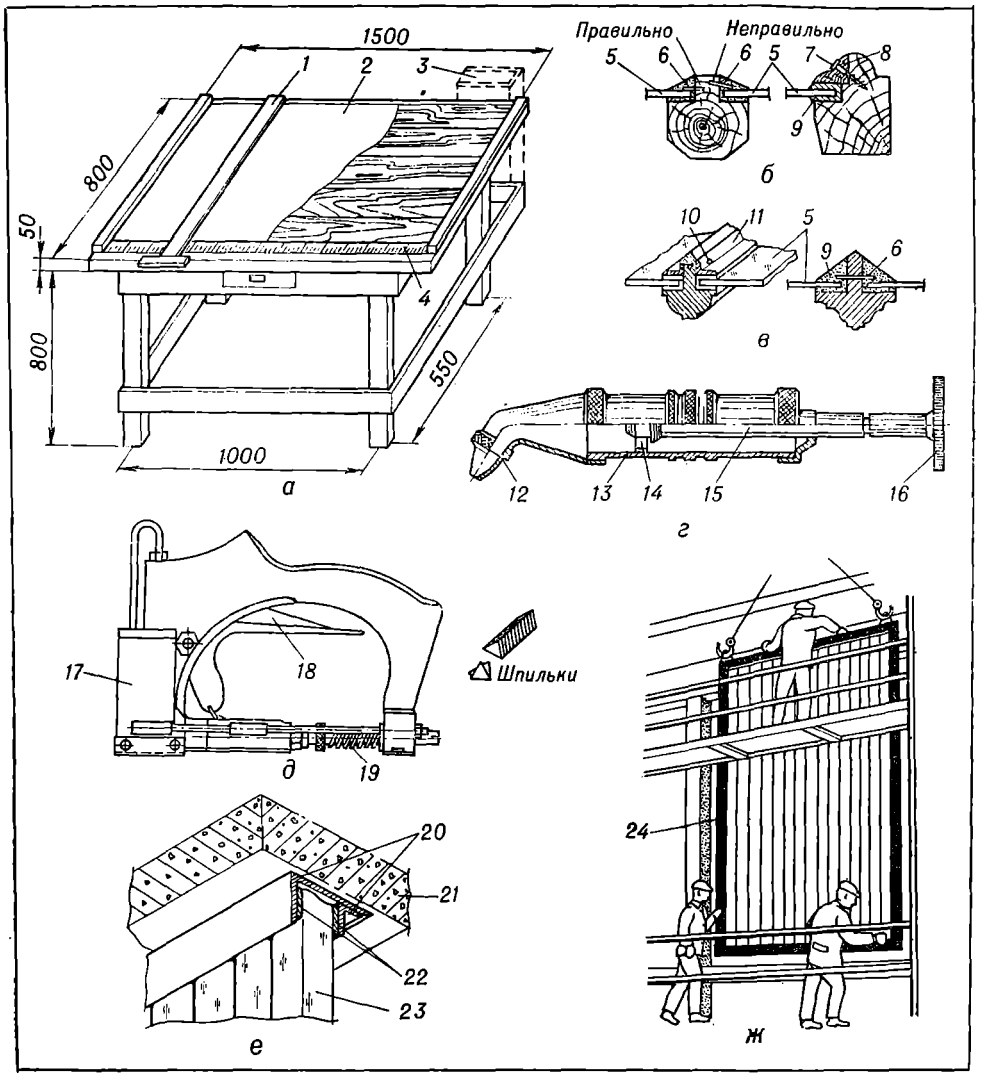


Рис. XIII.1. Способы резки, установки и закрепления стекла и стеклопрофилита; инструменты и приспособления:

а — верстак для резки стекла; *б* — установка стекол в деревянные переплеты; *в* — то же, в металлические переплеты; *г* — промазчик для нанесения замазки; *д* — пистолет для забивки шпилек; *е* — крепление стеклопрофилита к плите потолка; *ж* — монтаж панели из стеклопрофилита; *1* — рейсшина; *2* — сукно или войлок; *3* — ящик для обрезков стекла; *4* — мерная линейка; *5* — стекла; *6* — шпильки; *7* — шуруп; *8* — штапик; *9* — замазка или пластичная прокладка; *10* — болтик; *11* — уголок; *12* — мундштук; *13* — стакан; *14* — поршень; *15* — винт; *16* — ручка; *17* — магазин для шпилек; *18* — спусковой крючок; *19* — пружина; *20* — уголки; *21* — плита перекрытия; *22* — прокладки; *23* — стеклопрофилит; *24* — панель из стеклопрофилита.

Резку производят алмазным или твердосплавным роликовым стеклорезом. Оконные стекла режут стеклорезами с мелкими алмазами (от № 1 до 4), а витринные и другие специальные стекла — стеклорезами с крупными алмазами (№ 4, 0, А, В) по линейке или шаблону в направлении, указанном стрелкой на оправе стеклореза. Витринные стекла режут на подкладках

из войлока, укладываемых на верстаки.

Для резки применяют также электростеклорезы, представляющие собой верстаки с мерными ограничителями. На верстаке укреплена спираль из фехраля, которая при включении тока разогревается, и наложенное на него стекло лопается по линии, отмеренной ограничителями.

Крепят стекла в обычных оконных переплетах меловыми замазками на натуральной олифе. Для остекления витрин и других специальных работ меловые замазки также готовят на олифе, но добавляют сухие свинцовые белила или свинцовый сурик. В некоторых случаях применяют битумные и канифольно-масляные замазки.

Основные требования к замазкам: они должны легко накладываться на фальц и стекло, обладать высокой адгезией и достаточной пластичностью, а также быть долговечными (10—15 лет), поэтому затвердевшая замазка должна обладать морозо- и термоустойчивостью и не иметь трещин.

Транспортируют нарезанное стекло к месту работ в ящиках или контейнерах, вмещающих заказанный комплект. Витринное стекло доставляют в специальных ящиках, при этом между листами стекла прокладывают гофрированную бумагу. Замазку, чтобы обеспечить 15-дневный срок ее годности, доставляют в герметичной таре.

Остекленные дверные и оконные блоки в контейнерах подают краном непосредственно на этажи.

§ 3. ВСТАВКА СТЕКОЛ И МОНТАЖ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА

При креплении стекол *на замазке* проолифленные деревянные переплеты снимают с петель и остекляют в горизонтальном положении. Сначала очищают и проолифливают фальцы, затем вдоль них укладывают первый слой замазки толщиной 2—3 *мм*, на который кладут стекло и закрепляют его шпильками или стекольной проволокой на расстоянии не более 300 *мм* одна от другой, после чего, закрывая шпильки, укладывают на фальцы второй слой замазки и заглаживают его (рис. XIII.1,*б*).

Стекла устанавливают также *на штапиках с замазкой* и *на штапиках с резиновой прокладкой* (при остеклении дверных филенок). В этих случаях размеры стекла должны быть на 5 *мм* меньше размеров проема между фальцами. На стекло надевают прокладку и после установки в фальцы закрепляют штапиками, привертывая их шурупами (рис. XIII.1,*б*).

Металлические и железобетонные переплеты стеклят в вертикальном положении. Проолифленные фальцы обмазывают замазкой, вставляют стекла и крепят их шпильками, которые устанавливают в отверстия, имеющиеся в горбылках (рис. XIII.1,*в*). Стекло крепят также *пружинами*, *клямерами* и *металлическими штапиками на винтах*.

Для механизированной промазки фальцев используют ручной промазчик (рис. XIII.1,*г*). Передвигая шток поршня, через рабочий наконечник выдавливают замазку на фальц.

Шпильки забивают стекольным пистолетом (рис. XIII.1,*д*). Прижимая корпус пистолета к стеклу в месте установки шпильки и нажимая на спусковой рычаг, отпускают ударный механизм, забивающий шпильку в фальц.

Витринные стекла устанавливают в стальные, алюминиевые или железобетонные переплеты *на П-образные пластмассовые* или *резиновые прокладки*. В мастерских на обрезанные по размерам стекла по контуру надевают прокладки. Затем стекла вакуум-присосами приподнимают и укладывают в контейнер для доставки к месту монтажа. Монтаж осуществляют легким передвижным краном, снабженным компрессорной установкой. Краном с помощью траверсы, имеющей трехтарельчатые вакуум-присосы, поднимают стекло и, переведя его в вертикальное положение, устанавливают в подготовленный каркас переплета витрины, после чего стекло закрепляют профильными металлическими штапиками на винтах.

Стеклопакеты устанавливают *на замазке* или *резиновых прокладках* и закрепляют штапиками.

Светопрозрачные ограждения из стеклопрофилита монтируют вручную или с помощью крана, устанавливая их

в рамы, оклеенные уплотняющими прокладками (рис. XIII.1,*е*,*ж*). После установки сжимов и фиксаторов, удерживающих панель, ее герметизируют пастой, пользуясь шприцом.

Стеклянные дверные полотна в мастерских оснащают петлями, дверными ручками и предварительно навешивают на металлические коробки (для примерки), затем снимают. Коробки устанавливают по ходу строительства, а стеклянные полотна навешивают перед сдачей объекта в эксплуатацию.

Для работ по остеклению окон и дверей применяют переносные столики, столики-подмости, лестницы-стремянки, а для остекления фонарей и переплетов в промышленных зданиях — подвесные леса или самоходные самоподъемные подмости.

В зимних условиях применяют замазку, подогретую до 20° С, а стекло режут в отапливаемых помещениях. Остекленные переплеты устанавливают после затвердения замазки или мастики.

Если нельзя снять переплеты, применяют подогретую до 25—30° С замазку (на олифе или битумную), укладывая ее на подсушенные горячим воздухом фальцы.

Глава 3

ОТДЕЛКА ШТУКАТУРКОЙ

§ 1. РАЗНОВИДНОСТИ ШТУКАТУРОК. СТРУКТУРА ПРОЦЕССА

Штукатурка—это слой затвердевшего раствора, нанесенный в пластичном состоянии в два или три приема на отделываемую поверхность с уплотнением и тщательным выравниванием, а в необходимых случаях и декоративной отделкой.

Слой штукатурки уменьшает тепло- и звукопроводность, а также водопоглощение поверхности, повышает ее устойчивость в агрессивных средах и санитарно-гигиенические свойства. Процесс оштукатуривания характеризуется большой трудоемкостью и длительностью, связанной с технологическими перерывами для твердения мокрой штукатурки. В индустриальном строительстве обычно ограничиваются затиркой поверхностей и оштукатуриванием сопряжений.

Штукатурки классифицируют:

по назначению — обычная, декоративная и специальная (термо-, звуко- и гидроизоляционная, защитная от вредных излучений, армированная);

по видам вяжущих — цементная, цементно-известковая, известковая, известково-гипсовая, известково-глиняная;

по сложности выполнения — простая (для складских и вспомогательных помещений), улучшенная (для жилых помещений, торговых залов, учебных заведений) и высококачественная (для театров, административных и других зданий первого класса, а также фасадов).

Толщина штукатурки по дереву составляет 20—25, а по кирпичным и бетонным поверхностям 10—25 *мм*. Здесь уместно подчеркнуть, что во время кладки надо строго следить за ее геометрической точностью. В последующем это позволяет уменьшить толщину штукатурки, что наиболее значительно снижает трудоемкость процесса. Наносить штукатурный намет сразу на всю толщину нельзя, так как несхватившийся раствор будет сплывать, поэтому его наносят на поверхность послойно.

Первый слой — о б р ы з г — предназначен для соединения штукатурки с основанием вследствие заполнения пустот отделываемой поверхности. Обрызг выполняют раствором жидкой консистенции.

Второй слой — г р у н т — служит для выравнивания поверхности и получения требуемой толщины штукатурки. Грунт выполняют более густым раствором. Его можно наносить в несколько слоев толщиной не более 7 *мм* каждый.

Последний, верхний, слой — н а к р ы в к у — наносят жидким раствором на мелком песке для образования

заглаженного и уплотненного отделочного слоя толщиной около 2 *мм*.

Средняя суммарная толщина всех слоев простой штукатурки — 18, улучшенной — 20, высококачественной — 25 *мм*.

При накладывании правила длиной 2 *м* на поверхности улучшенной штукатурки допускается не более двух 3-миллиметровых зазоров, а на поверхности высококачественной штукатурки, выравненной по маякам,— не более двух зазоров до 2 *мм*.

Процесс оштукатуривания состоит из подготовки поверхностей (насечка, обивка сеткой или дранкой, провешивание, установка маяков); транспортирования раствора и его составляющих к рабочим местам; нанесения и разравнивания штукатурного намета (обрызг и грунт); устройства декоративных обрамлений (карнизов, наличников и др.); отделки проемов и углов; нанесения и отделки накрывки.

Вспомогательные операции включают подготовку рабочего места, его уборку и др.

§ 2. ПОДГОТОВКА КОНСТРУКЦИЙ К ОШТУКАТУРИВАНИЮ

Подлежащие оштукатуриванию поверхности сначала выравнивают во избежание излишней толщины намета. При отклонениях от вертикали или горизонтали свыше 40 *мм* и значительных неровностях дефектные места до оштукатуривания обтягивают металлической сеткой по гвоздям. Поверхности очищают от грязи и жировых пятен.

Чтобы штукатурный намет хорошо сцеплялся с основанием, бетонные поверхности насекают, обрабатывают пескоструйным аппаратом или обтягивают металлической сеткой, деревянные поверхности обивают драночными щитами, а кирпичные стены кладут «в пустошовку». Места сопряжения деревянных конструкций с каменными или бетонными обтягивают лентами из металлической сетки шириной не менее 20 *см*.

Экономичную толщину штукатурки определяют провешиванием поверхности отвесом и уровнем или промаячивателем (для этой цели удобны лазерные приборы), после чего устанавливают марки из раствора.

Когда нужно получить штукатурку высокого качества, а также при нанесении раствора механизированным способом между марками устраивают маяки, представляющие собой полосы из раствора шириной 4—5 *см*, определяющие проектное положение отделываемой поверхности. Вместо маяков из раствора можно применять инвентарные металлические маяки, которые устанавливают одновременно с провешиванием без предварительного крепления марок.

§ 3. НАНЕСЕНИЕ ШТУКАТУРНОГО РАСТВОРА

Каменные и бетонные поверхности в помещениях оштукатуривают сложными или известковыми растворами, а деревянные и гипсовые — известково-гипсовыми растворами. Для помещений с повышенной влажностью (более 60%) применяют растворы с гидравлическими добавками и на пуццолановых цементах.

Перед оштукатуриванием поверхности увлажняют для предотвращения сползания слоя обрызга, который не разравнивают, чтобы он хорошо сцеплялся с накладываемым на него слоем грунта.

Все наносимые слои грунта уплотняют и разравнивают. При толщине накрывочного слоя более 5 *мм* поверхность грунта нарезают волнообразными бороздами. Каждый последующий слой штукатурки (грунта и накрывки) на гипсовом вяжущем наносят только после окончания схватывания раствора, а на известковом вяжущем — после начала побеления предыдущего слоя.

Для механизированного приготовления и нанесения раствора применяют штукатурные установки, включающие растворосмеситель, растворонасос, растворопроводы и инструменты для подготовки и затирки отделываемых поверхностей.

Растворосмесители служат для приготовления или дополнительного перемешивания раствора. В неподвижном барабане смесительной машины компоненты принудительно перемешиваются лопастями горизонтального

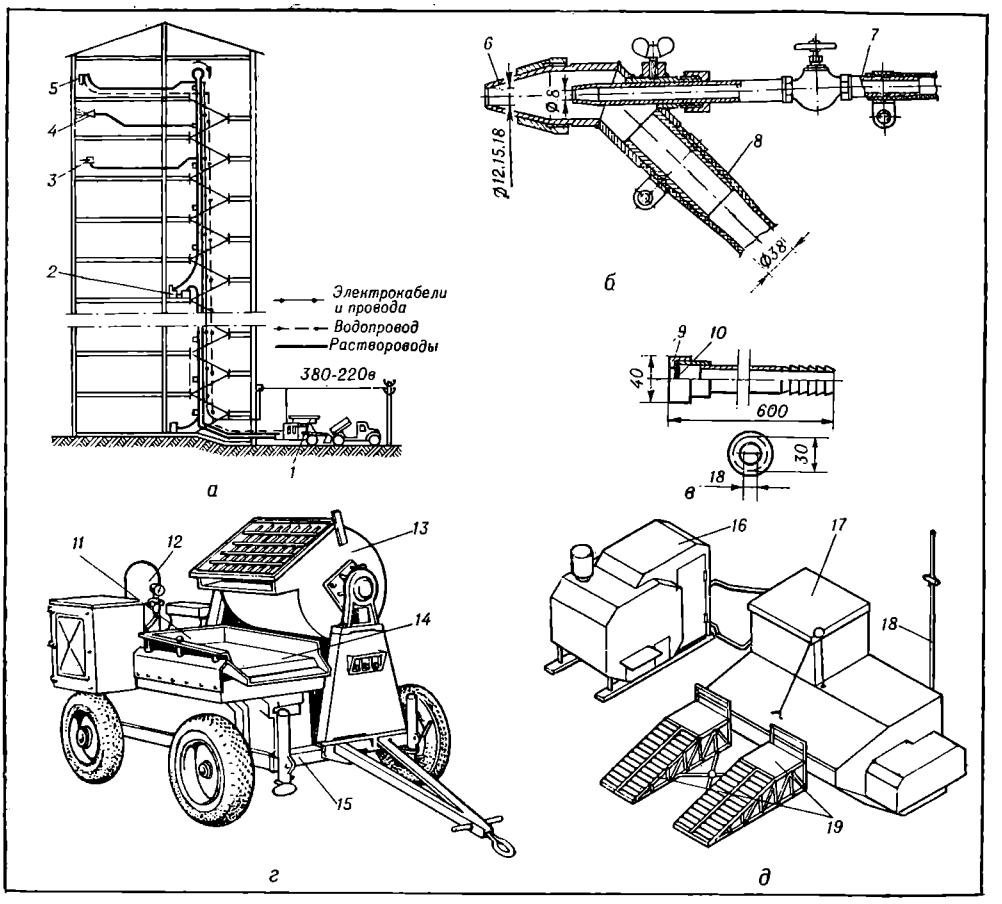


Рис. XIII.2. Подача и нанесение штукатурного раствора:

а — схема расстановки средств механизации; *б* — форсунка пневматического действия; *в* — то же, бескомпрессорная; *г* — передвижной штукатурный агрегат СО-57; *д* — перевозная станция приема и подачи раствора С-660; *1* — перевозная штукатурная станция; *2* — поэтажный растворонасос; *3* — электромолоток; *4* — форсунка; *5* — затирочная машинка; *6* — сменный наконечник; *7* — трубопровод для подачи сжатого воздуха; *8* — то же, раствора; *9* — накладной колпачок; *10* — резиновая диафрагма; *11* — бункер; *12* — растворонасос; *13* — растворосмеситель; *14* — вибросито; *15* — рама на пневмоколесном ходу; *16* — компрессорная; *17* — приемная станция; *18* — трубопровод; *19* — эстакада.

вала. Готовый раствор выгружают, опрокинув смесительный барабан или открыв специальный затвор. Объем готового замеса в смесительных машинах — от 30 до 1200 *л*.

Растворонасосы бывают противоточные и прямоточные. В *противоточных* диафрагмовых растворонасосах, производительность которых 1—6 *м*³/*ч*, плунжер хорошо защищен от абразивного воздействия раствора. В процессе их работы легко регулировать объем подаваемого раствора. *Прямоточные* бездиафрагмовые и винтовые растворонасосы производительностью 1,5—2,5 *м*³/*ч* могут перекачивать густые растворы.

Растворонасосы производительностью 3—6 *м*³/*ч* подают раствор по горизонтали на расстояние до 200 и по высоте до 40 *м*. Их используют для транспортирования раствора. Насосы меньшей производительности подают раствор на 75 и 20 *м*, и их применяют для нанесения раствора на поверхности.

При оштукатуривании многоэтажных зданий устанавливают поэтажные растворонасосы (рис. XIII.2,*а*). Для

нанесения раствора применяют бескомпрессорные и пневматические форсунки.

В *пневматической форсунке* (рис. XIII. 2,*б*) помещена трубка, по которой подается сжатый воздух. Распыление раствора регулируют, смещая по длине форсунки эту трубку, фиксируемую прижимным винтом. Количество подаваемого воздуха регулируют краном.

В *бескомпрессорных форсунках* (рис. XIII.2,*в*) распыление раствора достигается преобразованием его прямолинейного движения в винтообразное или проталкиванием через щелевидное отверстие. Для нанесения густых растворов пригодны прямоточные форсунки со щелевой резиновой диафрагмой, дающие струю в виде плоского факела.

В качестве растворово́дов используют резиновые шланги или стальные трубы с внутренним диаметром 25, 38 и 75 *мм*. Стальные трубы, в частности, применяют в многоэтажных зданиях для вертикальных стояков, которые устраивают по тупиковой или кольцевой схемам. *Тупиковую* схему применяют, когда раствор расходуют на одном этаже; *кольцевую* — при одновременной подаче раствора на несколько этажей через стояк, устанавливаемый сразу на всю высоту здания. В последнем случае раствор поднимается вверх по напорному стояку и опускается по обратному в приемный бункер растворонасоса (рис. XIII.2,*а*). Для разбора раствора на стояке устанавливают тройники с трехходовыми кранами.

Товарный раствор, доставленный в растворовозах, выгружают через сито в приемный бункер станции приема и подачи раствора (например, С-660 Главмосстроя, рис. XIII.2,*д*). В двухшнековом смесителе станции раствор дополнительно перемешивается (с добавлением для пластификации известкового молока) и выдается в растворонасос, подающий его по стальному растворопроводу на этажи к штукатурным агрегатам, например СО-48 или СО-57 (рис. XIII.2,*г*), которыми раствор наносят на поверхности.

На механизированном нанесении штукатурного намета занято звено из двух человек — оператора (рис. XIII. 3,*а*) и его помощника.

Вручную раствор наносят только в небольших помещениях (санитарные узлы и др.), набрасывая его кельмой с сокола или ковшом. Во втором случае производительность труда увеличивается в 3—4 раза.

При оштукатуривании по металлической сетке, по реечной перегородке и при беспесчаной накрывке рабочий наносит раствор на поверхность стальной гладилкой, сдвигая его с сокола.

Грунт разравнивают сглаживанием или срезыванием.

Для сглаживания намета применяют полутерки (рис. XIII. 3, *б*) длиной до 1200 *мм* (при обработке больших поверхностей) и длиной 800 и 350 *мм* (для малых поверхностей). Чтобы легче было работать, у полутерков срезают фаски, а одну из продольных и одну из торцовых сторон обивают кровельной сталью. Ребро малого полутерка скашивают под углом 45° для срезки углов. Широко применяются также затирочные машинки (рис. XIII.3,*в*). Намет на потолках удобнее разравнивать уширенными потолочными полутерками, на которых легче сохранить срезаемый излишний раствор.

Для выравнивания намета срезыванием применяют правила́, малки и плоскостные шаблоны. Малки имеют по концам вырезы для направляющих реек или маяков, устанавливаемых вне намета.

Углы разравнивают лузговыми и усеночными правилами.

§ 4. УСТРОЙСТВО КАРНИЗОВ И ОТДЕЛКА ПОВЕРХНОСТЕЙ

Карнизы, пояски, наличники вытягивают шаблонами по направляющим рейкам. Рейки крепят инвентарными держателями или гипсовым раствором. Используют шаблоны прямые или угловые с лекалом, расположенным под углом 45° к стене. Для тяги карнизов применяют известково-гипсовый раствор, причем в накрывку не вводят песка.

Вытягивание карнизов состоит из таких операций: набрасывания намета, вытягивания карниза начерно срезанной кромкой шаблона, отделки карниза

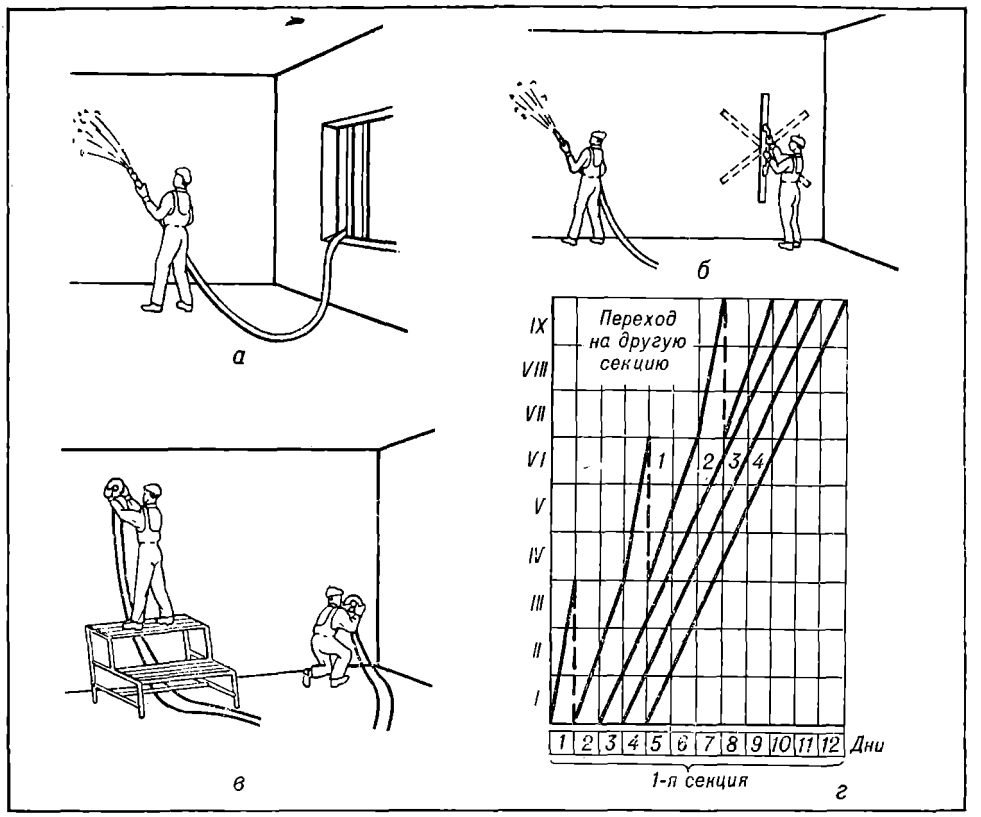


Рис. XIII.3. Механизированное нанесение раствора и отделка поверхности:
а — нанесение намета; *б* — нанесение накрывки и затирка полутерком; *в* — применение затирочных машинок; *г* — циклограмма механизированного производства работ поточно-расчлененным методом (в одной секции 9-этажного дома); *1* — нанесение слоев обрызга, грунта и разравнивание; *2* — нанесение накрывочного слоя и затирка; *3* — отделка потолков; *4* — устройство откосов.

повторным протягиванием шаблона тупой кромкой и разделки углов. Небольшие тяги выполняет один человек, тяги более крупные — два-три человека. Тяга карнизов очень трудоемка и замедляет работу по оштукатуриванию помещений, поэтому целесообразно устанавливать сборные карнизы.

Отделка оштукатуренных поверхностей заключается в затирке или заглаживании накрывочного слоя.

Для механизированной затирки применяют *пневматические* или *электрические машинки*, снабженные лопастями или двумя однородными дисками (деревянными, текстолитовыми или пенопластовыми), например СО-55 или С-86.

Для отделки вручную применяют капроновые *терки*, металлические малые и большие *гладилки*.

Процесс отделки поверхности упрощают применением беспесчаной накрывки известково-гипсовым раствором состава 1 5. Его наносят на выровненный и просушенный грунт вручную или механизированным способом при помощи бескомпрессорных форсунок. Накрывку заглаживают металлическими гладилками.

§ 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

Оштукатуривание выполняют поточно-расчлененным методом. Комплексный процесс расчленяют на простые: подготовку поверхностей; нанесение обрызга,

слоев грунта и разравнивание намета; устройство карнизов и установку лепных деталей; отделку проемов и углов; нанесение и отделку накрывки.

Каждый из простых процессов поручают специализированному звену. Объем работ разбивают на захватки равной трудоемкости. Минимальная продолжительность работы звеньев на захватке определяется необходимым сроком выдерживания слоев намета. На рис. XIII. 3,*г* приведена циклограмма работ, выполняемых поточно-расчлененным методом штукатурным экипажем (бригадой из четырех звеньев в количестве 21 чел., включая моториста штукатурной станции) при отделке секции 9-этажного дома.

В зависимости от конструктивного решения или назначения здания, принятой совмещаемости строительных процессов, а также сроков возведения объекта оштукатуривание выполняют по этажам снизу вверх или наоборот.

§ 6. ОТДЕЛКА ДЕКОРАТИВНЫМИ ШТУКАТУРКАМИ

Декоративные штукатурки применяют для отделки внутренних поверхностей помещений общественных зданий и фасадов. Эти штукатурки не требуют периодической окраски и служат долгие годы без ремонта.

Внутренние поверхности помещений отделывают цветными известково-песчаными штукатурками, искусственным гипсовым и известковым мрамором.

Перед устройством отделочного слоя на бетонные и кирпичные поверхности наносят обычные цементно-известковые обрызг и грунт, а на деревянные — известково-гипсовые.

Известково-песчаные штукатурки включают пигмент и заполнители в виде добавок, имитирующих фактуру природного камня или новых материалов.

Искусственным гипсовым мрамором отделывают особо нарядные интерьеры. Процесс состоит из подготовки поверхностей (штукатурка обычным известково-песчаным раствором без накрывки), приготовления цветной гипсовой массы, ее нанесения и отделки.

Порции гипса раздельно окрашивают в нужные цвета и насыпают совком на поверхность стола чередующимися горизонтальными слоями разного цвета толщиной от 0,5 до 5 *см*. Затем в совке смесь переносят на дощатый щит, покрытый мешковиной, и ссыпают наклонно к поверхности щита, чтобы высота слоя была примерно вдвое больше толщины гипсового мрамора после отделки. Смесь покрывают мешковиной и пропитывают 1—2%-ным клеевым раствором до насыщения.

Приготовленную массу на щите подносят к месту облицовки, снимают мешковину и быстро прикладывают к поверхности грунта основания. Массу уплотняют простукиванием, затем отнимают щит. Открытую поверхность разглаживают кельмой, в местах вспучивания делают проколы для удаления воздуха.

Отделку поверхности начинают через 1,5—2 *ч*. Не вполне затвердевшую поверхность гипсового мрамора простругивают электрорубанком. После затвердения массы (спустя 3—5 дней) поверхность ее пятикратно проклеивают, шпаклюют и шлифуют электрошлифовальными машинами. Для защиты от воздействия влаги полированный мрамор покрывают мастикой состава 1 : 3 (скипидар воск), втирая ее фетровыми кругами шлифовальной машины.

Искусственный известковый мрамор выполняют по подготовленному обычным способом слою штукатурки. Раствор отделочного слоя состоит из извести, мраморного песка, мраморной пудры, щелоче- и цветоустойчивых пигментов. Для отделки поверхности используют мыльно-известковую эмульсию, которую приготовляют, растворяя в гасящейся извести измельченное мыло. По эмульсии, нанесенной на отделываемую поверхность, тонкой кисточкой рисуют прожилки мрамора и затем обрабатывают ее нагретыми до 150—180° С тяжелыми стальными электрическими утюгами с удлиненными рукоятками. Заканчивают отделку легкими утюгами, после чего полируют до блеска восково-скипидарной мастикой.

Фасады отделывают цветными известково-песчаными, терразитовыми и камневидными штукатурками. Отделочный

слой этих штукатурок обрабатывают в пластичном, полупластичном или твердом состоянии.

Цветные известково-песчаные штукатурки дешевы и долговечны. К известковому вяжущему добавляют 10—20% цемента. Заполнителями служат кварцевые, мраморные, известковые, туфовые и другие пески с зернами крупностью 0,3—1,2 *мм*. Цвет штукатурке придают пигментами, вводимыми в вяжущее.

Поверхности цветных известково-песчаных штукатурок обрабатывают в пластичном состоянии губкой, щеткой, метлой или кистью и протягивают шаблонами. В полупластичном состоянии эти поверхности затирают и циклюют.

Терразитовая штукатурка представляет собой раствор смеси известипушонки, 20—30% белого или окрашенного цемента, белого песка, крошки из мрамора, стекла, слюды и др. Смесь в сухом виде доставляют с завода на площадку, где перемешивают в растворосмесителе. Наносят штукатурку на подготовленный грунт из известково-цементного раствора. Отделывают ее затиркой. Окончательно поверхность обрабатывают в полупластичном состоянии процарапыванием циклями или электрошарошками, чтобы обнажить от пленки раствора цветные заполнители.

Камневидные штукатурки, имитирующие фактуру природного камня, изготовляют на цементе. Для увеличения подвижности раствора добавляют 10—20% известкового теста. В качестве заполнителя применяют крошку декоративных каменных пород. Обрабатывают поверхность после ее затвердения. Отделку «под шубу» выполняют бучардой, «под штриховку» — троянкой.

Лакированную камневидную штукатурку выполняют, нанося пистолетом-крошкометом мраморную, гранитную или искусственную крошку крупностью 2—5 *мм* на подготовленную поверхность предварительно огрунтованную поливинилацетатной краской и покрытую после высыхания клеющим составом из краски ВХ и др. Крошкомет, работающий от компрессора, с расстояния 0,4—0,5 *м* с силой набрасывает крошку на слой клея. После высыхания клея пистолетом-распылителем наносят защитное покрытие из кремнийорганических лаков.

Оштукатуривание фасадов ведут от венчающего карниза здания (сверху вниз).

Раствор наносят механизированным способом, кроме случаев, когда применяют растворы с крупным заполнителем (крошка крупностью 5 *мм*).

Карнизы, пилястры, пояски, тяги, наличники вытягивают шаблонами до оштукатуривания гладких поверхностей стен. При этом сначала формируют профиль тяг в грунте, а когда он несколько отвердеет, наносят отделочный слой.

§ 7. ОШТУКАТУРИВАНИЕ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Поверхности отделывают обычными растворами при температуре не ниже +5° С. Штукатурный намет выдерживают при этой температуре, пока его влажность не снизится до 8%.

При отрицательных температурах применяют следующие растворы:

с молотой известью-кипелкой, которая при гидратации повышает температуру раствора, обеспечивая его быстрое схватывание и твердение (через 20—30 *мин*) и ускоряя сушку штукатурки;

цементные и сложные с добавкой поташа (K_2CO_3), понижающего температуру замерзания раствора и ускоряющего его схватывание. Температура приготовленного раствора должна быть не выше +10° С, а к моменту нанесения его на поверхность — не ниже +3° С.

ОБЛИЦОВКА НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. РАЗНОВИДНОСТИ ОБЛИЦОВКИ. СТРУКТУРА ПРОЦЕССА

Облицовкой *называют слой отделки из плиток, плит, листов, панелей и профильных деталей, прикрепляемых к отделываемой поверхности на растворе, клею или насухо различными крепежными элементами.*

В инженерных сооружениях облицовка природным камнем повышает сопротивление наружных поверхностей механическим и атмосферным воздействиям и придает сооружению монументальный вид. Многоэтажные здания облицовывают снаружи панелями, отделанными керамикой, стеклом, алюминием, нержавеющей сталью или другими листовыми материалами.

Технологический процесс облицовки состоит из сортировки и подготовки облицовочных изделий; приготовления растворов, клеющих составов и крепей; подготовки и разметки поверхностей, подлежащих облицовке; установки маячных рядов; пробивки отверстий для анкеров или других крепежных деталей и производства собственно облицовочных работ с окончательной отделкой поверхности. Работы по облицовке выполняют звенья специалистов: мраморщики, облицовщики керамическими плитками, столяры и др.

§ 2. ОБЛИЦОВКА ФАСАДОВ ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Облицовка изделиями из природного камня. Для облицовки фасадов зданий и сооружений применяют облицовочные плиты и профильные элементы, изготовляемые из декоративных, хорошо сопротивляющихся атмосферным воздействиям пород камня: гранита, лабрадорита, габбро и песчаника. Мраморы, проверенные на морозостойкость, идут для отделки монументальных зданий. В южных районах страны применяют пильные известняки и туфы.

Существуют два способа изготовления изделий из камня: раскалывание блоков или их распиливание на плиты и заготовки, которые затем подвергают ударной или абразивной обработке.

Заготовки о к а л ы в а ю т по периметру лицевых граней для получения фактуры «скала» или же отделывают бучардами (тесаные фактуры). Камни с такими фактурами (толщиной не менее 150 *мм*) идут для облицовки инженерных сооружений, цоколей и цокольных этажей (рис. XIII.4,*а*, *д*).

Р а с п и л о в к а — основной способ изготовления изделий из камня. При ударной обработке крестовыми бучардами заготовок толщиной не менее 60 *мм* получают *точечную* фактуру, пластинчатыми бучардами — *бороздчатую*, при обработке фрезой — *рифленую*. Обработка пиленой поверхности абразивными инструментами дает *шлифованную* и *лощеную* фактуры. Лощеные плиты наиболее пригодны для полов. *Зеркальная* (полированная) фактура получается после обработки полировочными порошками и накатки глянца.

Облицовочные работы начинают после окончания кладки стен и отделки фасада выше участка, отведенного под облицовку. В случае надобности устанавливают леса или подмости. Участок облицовки оснащается подъемными приспособлениями или кранами для перемещения тяжелых деталей.

Камни с грубой фактурой доставляют к месту работ без упаковки. Лощеные и полированные поверхности камня оклеивают строительной бумагой. Тыльную сторону плит маркируют краской, указывая тип и размеры.

Подготовка поверхности заключается в очистке ее от грязи, расчистке швов в кирпичной кладке и насечке бетона. Затем размечают положение облицовки, провешивают и устанавливают гипсовые маяки или металлические порядовки.

У с т а н о в к у к а м н е й начинают с углов, проемов и пилястр, после чего по зафиксированным рядам облицовывают поле стены. Сначала камни примеряют по месту насухо. В стенах (против гнезд в камне) размечают положение

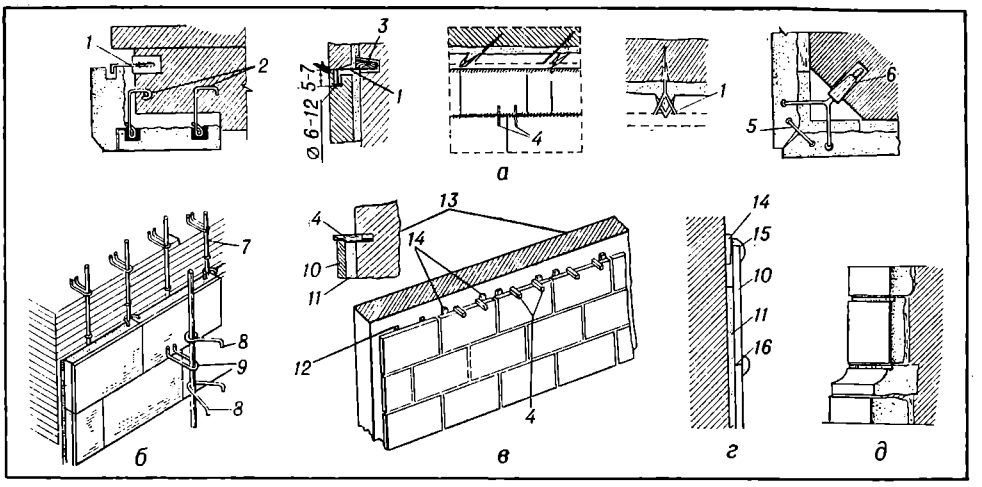


Рис. XIII.4. Облицовка изделиями из природного камня:

а — способы крепления каменных плит костылями и анкерами; *б* — скользящее крепление облицовки к опорным стержням; *в* — монтажное крепление плит клиньями; *г* — крепление мраморных плит гипсом; *д* — облицовка цоколя; *1* — костыли; *2* — подвески, заделанные в перемычку; *3* — пробка; *4* — штыри; *5* — скоба; *6* — анкер; *7* — стальной стержень; *8* — крюки, удерживающие плиту; *9* — скоба, заделываемая в стену; *10* — плита; *11* — раствор; *12* — гнезда для крепей; *13* — стена; *14* — распорные клинья; *15* — гипс; *16* — шов облицовки.

отверстий для крепей. Цокольный ряд камней укладывают на растворе. На постель из раствора (или свинцовую прокладку) устанавливают под шнур с проверкой отвесности следующий ряд облицовки и закрепляют его монтажным креплением. Тяжелые плиты крепят постоянными связями, которые временно зажимают деревянными клиньями, забиваемыми в гнезда. Правильный зазор между стеной обеспечивают установкой распорных клиньев (рис. XIII. 4,*в*).

По окончании установки ряда камней облицовки пазуху между ним и стеной заполняют раствором, который готовят на пуццолановом цементе с добавлением пластификаторов. Швы между плитами из камня делают не толще 1,5 *мм* при зеркальной фактуре, 5 *мм* — при шлифованных и бороздчатых и 10 мм — при фактуре «скала» и облицовке пильными известняками. Детали облицовки с полированной фактурой рекомендуется сопрягать насухо на прокладке из свинца в горизонтальных швах.

Поверхность облицовки с зеркальной фактурой не должна иметь отклонений от вертикали более 1 *мм* на 1 *м* высоты, а швы не должны отклоняться от горизонтали или вертикали более чем на 5 *мм* на всю длину ряда.

При облицовке кирпичных и шлакоблочных стен плиты к ним крепят металлическими анкерами и крючьями, которые заделывают в отверстия, высверленные в стене. Крепежные детали изготовляют из нержавеющей или оцинкованной стали: штыри диаметром 10—12 *мм*, пироны 15 × 15 *мм* длиной 10—12 *см*, анкеры и крючья из 12—15-миллиметровых прутков. Для крепления деталей из мрамора применяют также омедненные или медные крепи.

В процессе облицовки **бетонных и железобетонных поверхностей** крючья крепят к стальным стержням, привязанным к стене проволокой, заделанной в бетон во время бетонирования конструкции. Пазухи заливают наглухо или так, чтобы обеспечить независимую осадку облицовки (рис. XIII.4, *б*). Фасонные детали для обрамления проемов, находящиеся на весу, крепят подвесными или консольными креплениями (рис. XIII.4, *а*).

Гнезда и пазы в деталях облицовки из мрамора и в кирпичных стенах пробивают шлямбурами, которые оснащены вставками из твердых сплавов типа

ВК-6, или сверлят. Пневматические молотки с бурами, снабженными пластинками из твердого сплава, применяют при работах по граниту и по бетонным стенам.

После заливки раствором пазух между стеной и облицовкой клинья и конопатку удаляют и приступают к отделке: с поверхности камня смывают защитную бумагу; свинцовые прокладки расчеканивают; швы в облицовках из деталей с полированной фактурой, установленных насухо, заполняют мастикой; растворные швы расшивают.

Облицовку плитами и профильными деталями из пильных известняков можно вести одновременно с кладкой стен. Плиты крепят, перевязывая их с кладкой, или металлическими скобами, причем установка облицовки опережает кладку. В проектном положении плиты удерживаются временными креплениями. После установки ряда плит с проверкой по порядовкам ведут кладку на высоту плиты и заделывают крепежные детали в тело стены.

Облицовка стен керамическими лицевыми плитками. К облицовке приступают после окончания кладки стен, выполненной впустошовку. Поверхности стен очищают от грязи и наплывов раствора. Плитки сортируют по оттенкам цвета и располагают так, чтобы швы совпадали с линиями горизонтальных и вертикальных членений плоскостей фасада: уровнем подоконников, перемычек, поэтажных поясков, вертикальных линий, ограничивающих проемы, и т. п.

Устанавливают плитки на цементно-известковом растворе марки не ниже 50. Тыльную сторону плиток слегка смачивают водой, раствор наносят на стену (также смоченную водой) и плитку, которую затем переводят в вертикальное положение и устанавливают на место.

§ 3. ОБЛИЦОВКА ВНУТРЕННИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Изделия из мрамора поступают обычно полированные. В некоторых случаях для облицовки пилястр применяют плиты с мелким вертикальным рифлением; колонны отделывают плитками с фактурой «открытый излом», устанавливаемыми на ребро.

Детали из туфа выполняют в шлифованной, а из лабрадорита и гипса-ангидрита — в полированной фактуре.

Облицовку крепят на цементном или гипсовом растворе (рис. XIII.4,*г*). Крупные детали дополнительно крепят металлическими анкерами.

Разбивочные работы выполняют по подготовленной поверхности стен. Положение граней колонн фиксируют проволоками, натянутыми во взаимно перпендикулярных направлениях в плоскостях наружного контура колонн.

Элементы базы колонны собирают сначала насухо на щите, затем на месте с временным закреплением гипсом. После выверки и установки постоянных связей пазухи заливают раствором. Плиты облицовки тела колонн соединяют на углах «в ус», обрезая острые кромки, или вперевязку. Каждую плиту облицовки колонны ставят на пироны. К телу колонны плиты подвязывают проволокой, прикрепляя ее к стержням из стали, привязанным к проволочным выпускам из колонны. Плиты, устанавливаемые без металлических креплений, примеряют в рабочем положении, придерживаясь разбивочных линий и «приораживают» гипсом в углах, а затем пространство между стеной и тыльной поверхностью плиты заполняют раствором.

Облицовку плитками — керамическими глазурованными, каменными, стеклянными и терраццовыми — выполняют на цементно-песчаном растворе состава 1 : 4 или 1 : 6 в зависимости от марки цемента. Поливинилхлоридные, полистирольные и другие синтетические плитки (а в некоторых случаях также стеклянные и керамические) крепят на клеющих мастиках. Поверхности стен под облицовку на растворе подготавливают так, чтобы толщина слоя раствора не превышала 15 *мм*. При креплении на мастиках поверхность штукатурки должна быть гладкой и ровной.

На комплектующих базах плитки сортируют по размеру и оттенкам цвета. Одновременно заготовляют отрезки плиток для установки в неполных рядах и углах. Каменные плитки режут на станках карборундовыми дисками, а син-

тетические плитки — ножовками. Отверстия в плитках сверлят электродрелями.

Небольшие помещения (санитарно-технические узлы) облицовывают вперевязку или шов в шов. Поверхность, подлежащую облицовке, провешивают и разметочной рейкой устанавливают расположение рядов плиток и размещение маячных плиток-марок.

Облицовка на растворе. Керамические плитки-марки устанавливают в углах и под маячные ряды так, чтобы толщина слоя раствора была в пределах 7—15 *мм*. Затем натягивают шнур-причалку, по которому ведут установку плиток. В соответствии с размером плиток (150 × 150 или 150 × × 100 *мм*) плоскость разбивают на ряды. Первый ряд из рядовых или плинтусных плиток устанавливают на поверхность покрытия пола или на деревянную рейку высотой, соответствующей толщине покрытия пола, если его укладывают после облицовки. Следующие ряды ставят под шнур, начиная каждый ряд с установки крайних плиток и фиксируя толщину швов клиньями-прокладками или металлическими скобками.

Перед установкой *керамические плитки* с тыльной стороны очищают и увлажняют, затем на плитку кельмой наносят столько раствора, чтобы обеспечить при посадке плитки полное заполнение поверхности под ней. Плитку из наклонного положения с силой переводят в вертикальное и прижимают к стене. Вертикальность швов и облицовки проверяют отвесом или рейкой с уровнем.

Отделка облицованной поверхности заключается в заполнении швов цементным раствором, наносимым деревянной теркой, подбитой губчатой резиной. Затем поверхность облицовки покрывают слоем мелового теста, которое после полного высыхания вытирают ветошью.

Терраццовые и *каменные плитки* устанавливают в такой же последовательности, но на более жирных растворах.

При установке *стеклянных плиток* рекомендуется предварительно покрыть их тыльную поверхность слоем растворимого стекла и посыпать сухим песком, который придает плиткам шероховатость, необходимую для лучшего сцепления при наклеивании.

Облицовка на мастике. Для крепления *синтетических плиток* применяют мастики, рекомендуемые заводами — изготовителями плиток, а также канифольные, полимерцементные, перхлорвиниловые и битумно-силикатные мастики. Подготовленную гладкую поверхность очищают пылесосом и наносят кистью или пистолетом-распылителем грунт — слой разжиженной мастики толщиной до 1 *мм*. Перед облицовкой высохший грунт (перхлорвиниловый через 3—6 *ч*) грунтуют вторично. Затем на тыльную сторону плитки кистью наносят достаточно вязкую мастику и, начиная от пола, устанавливают по причалке первый ряд, соблюдая минимальную толщину швов. Последующие ряды укладывают, проверяя горизонтальность рядов правилом, а вертикальность швов — отвесом. Мастика не должна выступать из швов и загрязнять облицовку.

Канифольные и другие вязкие мастики наносят на стену шпателем и после легкой просушки поверхности сразу начинают укладывать плитки. С помощью шпателя также покрывают мастикой всю тыльную поверхность плитки и плотно прижимают ее к стене.

Облицовку листовыми и плитными изделиями стен, потолков, панелей и перегородок применяют очень широко. Ассортимент листовых, плитных и профильных материалов с каждым годом расширяется.

Применяют следующие способы облицовки: сплошное приклеивание всей тыльной поверхности изделия к облицовываемой плоскости; приклеивание на относе к нанесенным на поверхность маячным полосам или маркам-лепкам; крепление к установленному каркасу шурупами, специальными закрепами, болтиками или гвоздями.

В первом случае поверхности готовят так же, как и под наклейку рулонных материалов. Во втором и третьем случаях облицовываемые поверхности только очищают от грязи и наплывов раствора, тщательно выверяя устанавливаемые маячные ленты или каркас.

Листы сухой штукатурки на потолках размещают по длине перпендикулярно к стене с окнами. Если по длине лист не перекрывает помещения, по всему контуру потолка устраивают фриз. Стены и перегородки размечают от проемов к углам. Когда интерьеры торговых залов и помещений общественных зданий отделывают плитными изделиями или венированными панелями, при их установке учитывают размещение светильников, отверстий для вентиляционных решеток от кондиционеров и оборудования.

Листы обычно наклеивают по контурным маякам, между которыми через каждые 40 *см* размещены маркилепки из гипса, площадь которых должна составлять примерно 10% площади листа. Для приклеивания листов сухой штукатурки применяют гипсоопилочные, пеногипсовые или гипсопесчаные мастики, которые наносят слоем около 8 *мм*. Затем накладывают лист облицовки и прижимают его правилом.

Для наклейки плит и листов по всей площади, кроме перечисленных мастик, применяют казеиновые, цементные и синтетические мастики, клей КМЦ и др. Мастикой сплошь намазывают отделываемую поверхность и тыльную сторону листов или плит и после легкой подсушки мастики листы накладывают на поверхность и закрепляют прижимными приспособлениями.

Наиболее прогрессивным является способ облицовки, сводящийся к тому, что отделанные на заводах плиты и панели крепят к каркасам. Разбивку положения деталей каркаса делают тщательно, с учетом размеров элементов облицовки и имеющихся в них отверстий. Детали каркаса крепят к пробкам, заделываемым в отверстия, просверленные в стенах.

Элементы облицовки с полированными поверхностями, защищенными строительной бумагой, устанавливают на завершающем этапе отделки помещения. Окончательно элементы закрепляют болтиками или шурупами.

Подвесные потолки устраивают в вестибюлях и залах общественных зданий и в промышленных цехах. Для этого в помещениях во время заделки швов между панелями железобетонных сборных перекрытий устанавливают подвески из стальных 10—12-миллиметровых прутьев. К подвескам на болтах и планках крепят прогоны из уголков или швеллеров, к которым на заданном уровне, соблюдая будущий контур потолка, подвешивают несущий каркас из стальных или алюминиевых тавров, уголков или деревянных брусков (в зависимости от типа прикрепляемой облицовки).

Для облицовки потолков применяют плитки, плиты и панели, а также алюминиевые перфорированные кассеты, заполненные звукопоглотителем (например, матами «стиллит» из минеральной ваты). Огне- и биостойкие пористые синтетические плитки «акмигран» имеют на торцовых сторонах прорези, в которые при установке заводят полки алюминиевого тавра (расстояние между таврами фиксируют специальными распорками).

Древесностружечные или древесноволокнистые плиты крепят к каркасу из деревянных брусков специальными болтиками-закрепами. Швы оставляют открытыми или закрывают раскладками. Панели, отделанные органическим стеклом или стеклопластиками, также крепят на деревянном каркасе.

Лепные детали для наружной отделки изготовляют из цементного раствора или гипса, а для внутренних помещений — из гипса. Процесс состоит из изготовления моделей, кусковых или клеевых форм, отливки из гипса или «отбивки» из цементного раствора изделий, доставки и установки их на место.

Модели выполняют из глины, пластилина или гипса. Модель из глины или пластилина «переводят» в гипс, используя для этого черновые гипсовые формы. Делают это так: модель покрывают окрашенным гипсом, и когда он затвердеет, глину (или пластилин) удаляют, внутреннюю поверхность формы смазывают керосино-стеариновой смазкой и отливают в ней гипсовую модель. После этого черновую форму осторожно разбирают, а готовую (сухую) модель (ее затем используют многократно) для предохранения покрывают лаком.

Модели криволинейных и прямолинейных тяг выполняют шаблоном.

Мелкие изделия отливают в клеевых формах, изготовляемых из столярного

клея или формопласта. Сложные изделия с крупным рельефом отливают в кусковых гипсовых формах.

Гипсовые лепные изделия устанавливают, «приораживая» гипсом, цементные — на цементном растворе, а крупные изделия, кроме того, крепят проволокой.

В зимних условиях при кладке стен с одновременной их облицовкой лицевым кирпичом, керамическими камнями или закладными плитами может быть применен метод замораживания. Горизонтальные швы между плитами облицовки в процессе установки не заполняют раствором. После осадки стен (в теплое время года) с люлек или трубчатых лесов швы заполняют раствором и расшивают.

Облицовку ведут на том же растворе, что и кладку стен, но марки не ниже 50. Рекомендуется готовить раствор на быстротвердеющем цементе или вводить противоморозные добавки (поташ, нитрит натрия).

Внутренние облицовочные работы выполняют в отапливаемых помещениях при температуре воздуха не ниже +8° С.

Плиты облицовки должны быть без косины, отколов и других дефектов. Швы между плитами и плитками должны быть ровными, а их поверхность — чистой, без высолов раствора, пятен и повреждений полировки. При проверке 2-метровой контрольной рейкой на поверхности облицовки из плиток допускаются просветы не более 2 *мм*. Не должно быть и пустот между плитками и поверхностью облицованной конструкции.

Глава 5

ОТДЕЛКА МАЛЯРНЫМИ СОСТАВАМИ, ОБОЯМИ И ПЛЕНКАМИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Окраска наружных поверхностей зданий и сооружений придает им законченный вид и предохраняет от вредных атмосферных воздействий. Внутренняя отделка малярными составами, обоями и пленками, имея защитное и архитектурно-декоративное назначение, одновременно улучшает санитарно-гигиенические условия эксплуатации помещений. Специальные виды окраски служат для предохранения металлов от коррозии, дерева от возгорания, а также для защиты конструкций от воздействия химически агрессивных сред.

В зависимости от качества применяемых материалов и сложности технологии различают п р о с т у ю отделку, применяемую для подсобных, второстепенных помещений и временных зданий; у л у ч ш е н н у ю — для жилых, общественных и промышленных зданий и в ы с о к о к а ч е с т в е н н у ю — для отделки зданий первого класса: театров, клубов, вокзалов и др. Каждый из этих видов малярной отделки должен выполняться одинаково тщательно и аккуратно.

Для отделки применяют разнообразные лакокрасочные составы, обои, пленки и вспомогательные материалы, определяющие технологию выполнения работ. Общий для всех состав процесса следующий: приведение поверхностей в состояние, пригодное для отделки; подготовка поверхностей под тот или иной вид отделки; окраска, оклейка и обтяжка, а также декоративная обработка отделанных поверхностей.

Подготовленные поверхности окрашивают или оклеивают обоями на заключительном этапе отделки здания, до настилки полов из теплого линолеума и синтетических ковров, установки розеток, выключателей, санитарно-технических приборов и арматуры. Фасады окрашивают одновременно с внутренней отделкой.

§ 2. ВИДЫ МАЛЯРНЫХ СОСТАВОВ. ПОДГОТОВКА И ОКРАСКА ПОВЕРХНОСТЕЙ

Малярные составы подразделяются на краски, эмали и лаки, служащие для окончательной отделки конструкций, и вспомогательные составы и материалы для обработки и подготовки поверхностей под окраску или лакировку.

Краски и эмали наносят тонким слоем (50—500 *мкм*), после высыхания образующим непрозрачную покровную пленку, прочно связанную с поверхностью.

Лаками покрывают окрашенные или неокрашенные подготовленные конструк-

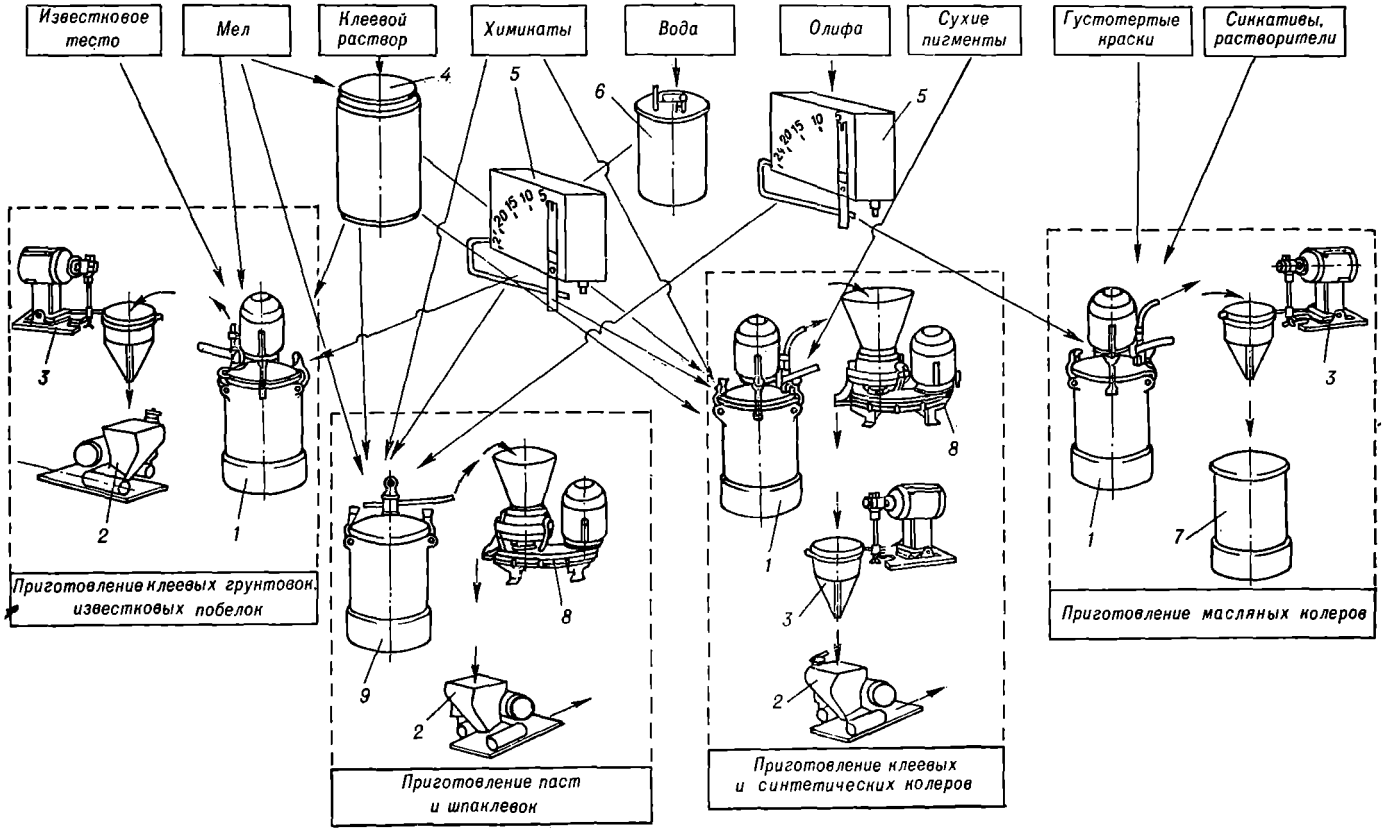


Рис. XIII.5. Схема передвижной малярной станции конструкции ЦНИИОМТП:

1 — насосы-смесители; *2* — вибронасосы; *3* — вибросита; *4* — электроклееварка; *5* — дозаторы жидких составляющих; *6* — электроводонагревательная колонка; *7* — тара; *8* — краскотерки жерновые; *9* — смеситель лопастной.

ции и детали. Прозрачное лаковое покрытие не изменяет цвета и текстуры отделываемой поверхности.

Вспомогательными составами являются грунтовки, подмазки и шпаклевки.

Грунтовка — это малярный состав, содержащий пигмент и другие компоненты и связующее (вода, масло или синтетический состав). Грунтовку наносят в жидком состоянии тонким слоем для придания однородной пористости отделываемой поверхности, а также для усиления сцепления последующих малярных слоев с основанием и для предварительной окраски (огрунтовки) металлических поверхностей, столярных изделий и т. д.

Подмазки и шпаклевки наносят на поверхность в пластичном состоянии для заделки трещин, выравнивания поверхности и придания ей после шлифовки требуемой гладкости.

К вспомогательным малярным материалам относятся разбавители, растворители, смывки, сиккативы и шлифовочные материалы.

Разбавители применяют для разбавления густотертых красок. Растворителями малярные составы доводят до требуемой вязкости. Смывки служат для удаления старой краски и очистки инструмента, сиккативы — для ускорения процесса сушки красок, а шлифовочные материалы — для обработки малярных слоев.

Вид и свойства связующего определяют технологию приготовления и применения малярного состава.

На *воде* готовят клеевые, известковые и силикатные составы, на *натуральных и синтетических неводных связующих* — масляные и эмалевые краски, лаки и требуемые для них вспомогательные составы. С целью экономии растительных и синтетических олиф, а также улучшения качества водных составов применяют *эмульсионные* (водо- или маслоразбавляемые) связующие.

Водные малярные составы имеют небольшой срок годности (жизнеспособности): от 2 до 36 *ч*. Их приготовляют на центральных краскозаготовительных предприятиях и в виде концентратов, паст, брикетов, а также сухих смесей доставляют в таре к объекту. На месте работ их разбавляют до нужной вязкости или смешивают сухую смесь со связующим, превращая в малярный состав, немедленно применяемый в дело.

Водоразбавляемые эмульсионные составы доводят до рабочей вязкости у места работ, *маслоразбавляемые* поступают в готовом виде.

Масляные краски и составы изготовляют на лакокрасочных заводах и поставляют строительным организациям густотертыми (пигменты, затертые на олифе) или готовыми к употреблению (в заводской упаковке). Густотертые масляные краски в заготовительных цехах вторично перетирают с олифой, смешивают для получения колера нужного цвета и вязкости, процеживают и в специальной таре доставляют к месту работы. Масляные грунтовки и шпаклевки приготовляют в краскозаготовительных мастерских.

Эмалевые краски, *лаки* и вспомогательные составы для них также изготовляют на лакокрасочных заводах и в готовом для употребления виде отправляют на объекты. Загустевшие составы на месте разбавляют до рабочей вязкости.

Поступающие с заводов и краскозаготовительных цехов малярные полупродукты перерабатывают в готовые для применения составы на малярных станциях или в мастерских.

Передвижная малярная станция (рис. XIII.5) размещается в утепленном фургоне на двухосном прицепе и оборудована для приготовления водно-клеевых и масляных составов. Растворонасос и компрессор, установленные на станции, обеспечивают подачу по резиновым напорным рукавам и механизированное нанесение на поверхности составов всех видов. При строительстве объектов с особо сложной отделкой построечные малярные мастерские располагают в помещениях нижнего этажа.

Операции по подготовке поверхности и ее последующей окраске выполняются в последовательности, определяемой категорией отделки и свойствами применяемых малярных составов.

Важнейшими свойствами готового к употреблению малярного состава являются вязкость (или, как говорят, рабочая малярная консистенция), срок годно-

сти, степень корродирующего воздействия на металлические детали, а также токсичность и огнеопасность.

Вязкость состава определяют, пользуясь техническим вискозиметром ВЗ-4 (рис. XIII.6,*в*). Показатель вязкости — время в секундах, в течение которого состав полностью вытекает из отверстия вискозиметра. Срок годности некоторых малярных составов очень ограничен (например, 1—2 *ч*). Составы, содержащие медный купорос, разъедают металл аппаратов, поэтому такие составы обычно наносят вручную.

Вручную малярную отделку выполняют при небольшом объеме работ, а также если процессы еще не механизированы.

Для шпаклевки поверхностей применяют деревянные, металлические или резиновые шпатели (рис. XIII.6,*а*).

Водно-клеевые колеры наносят кистями-макловицами или ручными валиками (рис. XIII.6,*а*,*б*). Для альфрейной отделки применяют кисти-ручники, филенчатые кисти и торцовки.

Масляные и *синтетические колеры* наносят кистями-ручниками, а последний слой — кистью-торцовкой для получения матовой фактуры или сухой флейцовой кистью для придания глянцевой фактуры.

Комплектом машин и механизмов малярную отделку выполняют в массовом строительстве. *Шпаклевку* наносят агрегатом, работающим от передвижного компрессора (рис. XIII.6,*г*). *Для отделки шпаклевки* применяют затирочно-шлифовальные машинки (рис. XIII.6,*д*). Шлифовка проводится на участках площадью 1—1,2 $м^2$ плавными движениями с легким нажимом. *Водные составы для грунтовки и окраски*, не оказывающие корродирующего действия, наносят, механически распыляя их форсунками. Малярный состав под давлением подается к форсунке (рис. XIII.7,*а*), в которой в результате вращательного движения жидкость переходит в каплеобразное состояние и, проходя через узкую щель, в виде факела выбрасывается на окрашиваемую поверхность.

Наибольшее распространение получила схема с использованием красконагнетательных бачков (рис. XIII.7,*в*, *ж*): сжатый воздух давлением 0,5 $Мн/м^2$ (4—5 *ати*) подается от компрессора по центральному стояку на этажи к красконагнетательным бачкам, из которых

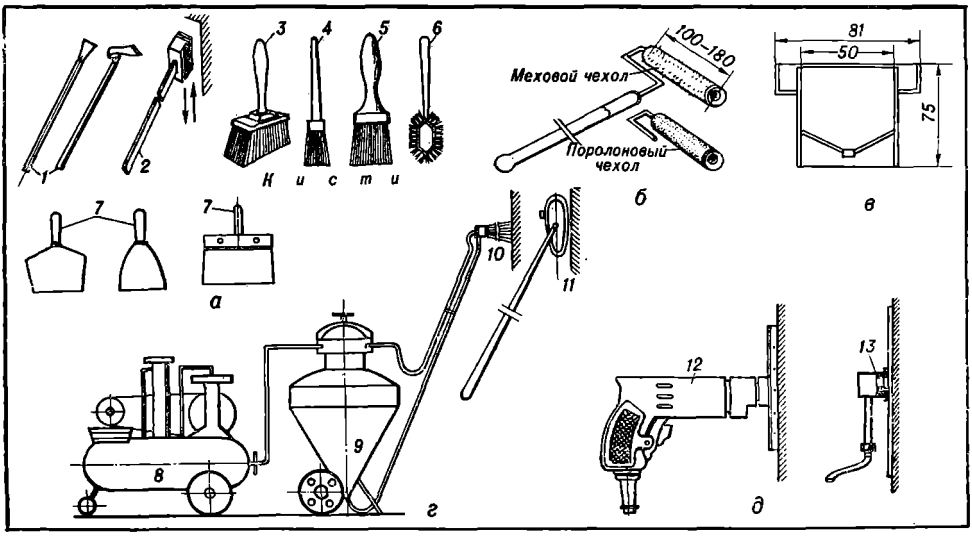


Рис. XIII.6. Инструменты и аппараты для малярных работ:

а — ручные инструменты; *б* — окрасочный валик; *в* — вискозиметр ВЗ-4; *г* — агрегат для нанесения шпаклевки; *д* — шлифовальные машины; *1* — скребки; *2* — держатель для лещади; *3* — макловица; *4* — ручник; *5* — флейц; *6* — кисть для окраски радиаторов; *7* — шпатели; *8* — компрессор; *9* — пневмонагнетательный аппарат; *10* — форсунка для нанесения шпаклевки; *11* — приспособление для шлифовки вручную; *12* — шлифовальная машинка (электрическая); *13* — то же, пневматическая.

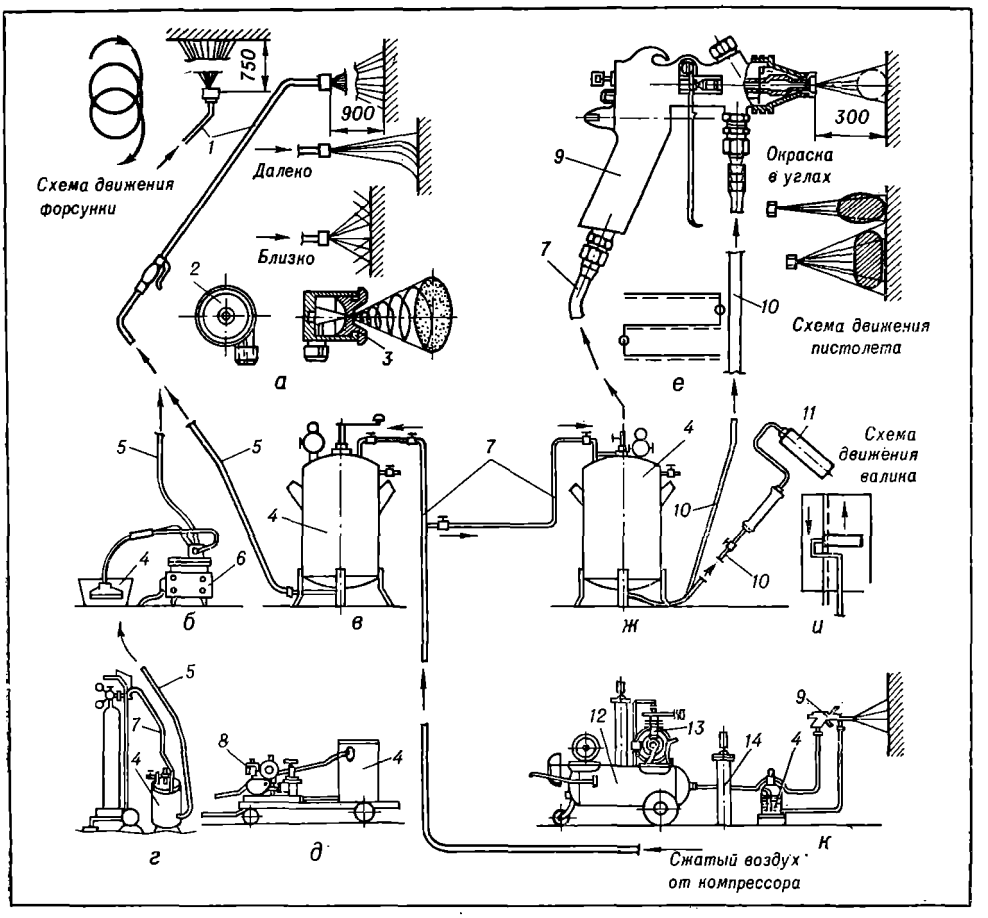


Рис. XIII.7. Схемы механизированной окраски водными и водно-клеевыми составами (левая сторона рисунка); масляными, эмалевыми и синтетическими красками (правая сторона):

а — работа универсальной удочки; *б* — подача состава к удочке электрокраскопультом; *в* — то же, от красконагнетательного бачка; *г* — то же, с использованием баллона со сжатым воздухом; *д* — агрегат для окраски потолков; *е* — работа пистолетом-распылителем; *ж* — подача состава к пистолету и валику от красконагнетательного бачка; *и* — работа пневматическим валиком; *к* — агрегат для масляной окраски; *1* — универсальная удочка с форсункой; *2* — крышка форсунки распылителя; *3* — корпус распылителя; *4* — бачки с малярным составом; *5* — шланги для подачи водно-клеевых малярных составов; *6* — электрокраскопульт; *7* — шланги (трубы) для подачи сжатого воздуха; *8* — растворонасос для подачи известковых составов; *9* — пистолеты-распылители; *10* — шланги для подачи масляных составов; *11* — поролоновый валик; *12* — воздухосборник; *13* — компрессор; *14* — масловодоочиститель.

раздается через резиновые шланги к универсальным удочкам с форсунками механического распыления или к пневматическим валикам.

Электрокраскопультом (рис. XIII.7, *б*) малярный состав перекачивают непосредственно из бачка и подают его под давлением к удочке. Краскопульт снабжен перепускным клапаном, что позволяет, не останавливая мотор, выключать удочку, а краска через перепускной клапан возвращается обратно в бачок. Для создания требуемого давления красконагнетательные бачки подключают также к баллонам со сжатым воздухом (рис. XIII.7,*г*). Потолки окрашивают с помощью агрегата, оборудованного растворонасосом (рис. XIII. 7,*д*).

Масляные, эмалевые, синтетические и вязкие водно-клеевые краски, а также грунтовочные составы наносят методом пневматического распыления с помощью пистолетов-распылителей (рис.XIII.7,*е*).

Краска или жидкий грунтовочный состав под давлением 0,3—0,5 *Мн/м²* (3—5 *ати*) подается по резиновому шлангу к соплу пистолета, по другому шлангу к соплу поступает сжатый воздух, который захватывает и попутно распыляет малярный состав, превращая его в факел, вылетающий с большой скоростью.

Факел равномерно плотен по всему сечению. Изменив положение головки форсунки, можно придать факелу круглую форму (для окраски плоскостей) и плоскую удлиненную (для окраски в углах). Каждую полосу краски наносят, слегка перекрывая нанесенную ранее. На время переноса пистолета на новую полосу прекращают подачу краски.

При значительном объеме работ и централизованной подаче сжатого воздуха по стоякам на этажи применяется схема, показанная на рис. XIII.7,*ж*. Сжатый воздух под давлением 0,5—0,7 *Мн/м²* (5—7 *ати*) подается к красконагнетательному бачку и выдавливает краску по шлангу к соплу пистолета. Пистолетами на удлиненных рукоятках можно вести окраску потолков с пола.

Широко применяют для окраски валики с меховым или поролоновым чехлом (рис. XIII.7,*и*) и валики, к которым краска подается под давлением от красконагнетательного бачка.

Передвижной агрегат для пневматического распыления (рис. XIII.7,*к*) состоит из компрессора, красконагнетательного бачка, подающих шлангов и пистолетов-распылителей.

Окраска фасадов зданий и наружных поверхностей сооружений. Оштукатуренные бетонные и кирпичные поверхности окрашивают известковыми, силикатными, поливинилацетатными, полимерцементными и перхлорвиниловыми красками, содержащими минеральные щелочестойкие пигменты, фасады деревянных зданий — масляными красками и синтетическими эмалями.

Бетонные поверхности перед покраской очищают и перетирают цементным раствором места, где есть изъяны. Отремонтированные поверхности шлифуют, затем грунтуют и окрашивают.

Известковые составы для наружных работ готовят на извести-кипелке, к которой добавляют поваренную соль или алюминиево-калиевые квасцы. Поверхность грунтуют известковым молоком — раствором мыла и извести-кипелки. Грунт наносят универсальной удочкой с механическим распылителем (рис. XIII.7,*а*). Красят кистями-макловицами (при небольших объемах работ) или применяют агрегаты для подачи окрасочного состава к удочкам с форсунками механического распыления.

Силикатные краски поступают в таре двух видов: концентрированный раствор калийного жидкого стекла — в железной таре и смесь пигментов и наполнителей — в бумажных мешках. На объекте жидкое стекло разбавляют водой, смешивают с пигментной смесью в пропорции 1 1, пропускают через сито и доводят до вязкости 14—18 *сек*. Срок годности колера — 10—12 *ч*.

Тщательно подготовленную сухую поверхность грунтуют раствором жидкого стекла. Окраску производят в два слоя пистолетом, а также валиком или кистями. Первый слой краски наносят на следующий день после огрунтовки, второй — через 10—12 *ч*.

Перед началом покраски следует защитить от брызг краски стекла, металлические детали, гранитные цоколи и т. п., покрыв их меловой пастой. Сразу после работы кисти, пистолеты и весь инвентарь надо промыть водой.

Полимерцементные краски представляют собой окрашенную латексную поливинилацетатную или полихлорвиниловую эмульсию, в которую на месте работ вводят разведенную на воде или растворителе готовую смесь белого цемента с наполнителем.

Перхлорвиниловые краски дают красивую матовую поверхность и отличаются высокой эластичностью красочной пленки. Специальные виды этих красок (например, ХФК) можно наносить и при отрицательной температуре. Краски поступают в герметической таре в готовом виде. Перед употреблением краску перемешивают деревянной лопаточкой и доводят до вязкости 35—45 *сек*. Поверхности перед огрунтовкой обязательно обеспыливают, используя сжатый воздух. При отделке фасадов монументальных зданий поверхность сначала шпаклюют, а после высыхания шлифуют. Шпаклев-

ку (перхлорвиниловый лак с мелом) наносят агрегатом ОМС-562 (рис. XIII. 6, *г*). Для шлифовки используют машинки, показанные на рис. XIII.6,*д*. Красят пистолетами-распылителями или кистями. Первый слой высыхает за 5—6 *ч*. Второй слой обычно наносят на следующий день. Все инструменты и инвентарь в конце смены промывают в сольвенте или ксилоле.

Краски на перхлорвиниловой эмульсии обычно применяют для отделки фасадов зданий в зимнее время. Перед нанесением этих красок дефектные места заделывают соответствующей шпаклевкой при помощи ручного шпателя. Красят в два слоя. Первый слой вязкостью до 100 *сек* наносят пистолетом-распылителем при давлении в бачке 0,4 *Мн/м*^{2} (4 *ати*). Второй, более вязкий (200—300 *сек*) слой наносят летом через 2—3 *ч*, а зимой через 24 *ч*.

Стальные конструкции и оборудование, находящиеся на открытом воздухе или в химических цехах, покрывают малярными составами, обладающими повышенной стойкостью к воздействию воды, атмосферных факторов и агрессивных газов. Обычно применяют составы на натуральных олифах: свинцовые белила, свинцовую и цинковую зелень, ярь-медянку, краску черную, а также антикоррозионное и термостойкое покрытие алюминиевым порошком на лаке АЛ-177.

Химическое оборудование окрашивают также нитроглифталевыми кистевыми эмалями и лаками, а в особо ответственных случаях применяют эпоксидные и перхлорвиниловые лаки и эмали и другие лакокрасочные покрытия II или III групп толщиной 40—100 *мкм*. Конструкции очищают от окалины и ржавчины металлическими щетками, пневмоскребками или пескоструйными аппаратами.

Масляные составы наносят пистолетами-распылителями или кистями обычно в два слоя. Алюминиевые краски на лаке АЛ-177 распыляют по грунту пистолетом или специальным агрегатом высокого давления. Отделка химически стойкими составами ведется по двух-, а иногда и трехслойному перхлорвиниловому или эпоксидному грунту.

Перхлорвиниловые краски наносят пистолетом-распылителем под давлением воздуха до 0,35 *Мн/м*^{2} (3,5 *ати*) и при рабочей вязкости 20 *сек* в два, три, а в особых случаях и в шесть слоев.

Стальные кровли красят пистолетами-распылителями или маховыми кистями вдоль гребней за два раза колером на железном сурике. В мастерских заготовки водосточных труб принято окрашивать за один раз, второй слой краски наносят после их установки.

Для окраски *лестничных перил и балконных ограждений* рекомендуется применять спаренный валик. После набора краски валик разжимают специальным ключом и вводят между элементами ограждения, двигая валик вверх-вниз или по горизонтали.

Радиаторы рационально красить фигурными кистями (рис. XIII.6,*а*), которые позволяют покрывать краской наружную и пристенную поверхности радиатора.

Для окраски *труб* малого диаметра применяют приспособление, имеющее на внутренней изогнутой поверхности наклейку из цигейки или поролона.

Наружные деревянные конструкции и детали окрашивают масляными или эмалевыми красками. Подготовленные поверхности грунтуют и шпаклюют, затем шлифуют и красят за два раза пистолетами-распылителями или валиками с меховой или поролоновой шубкой.

Дощатые полы окрашивают после прекращения усушки досок и их повторного сплачивания. Щели, образовавшиеся в результате усушки, заделывают рейками, втапливают добойниками шляпки гвоздей и паркетострогальной машиной строгают поверхность пола. После этого производят высококачественную отделку.

Столярные изделия и детали, применяемые в массовом строительстве, обычно поступают с заводов полностью отделанными или подготовленными под последнюю окраску. Оконные и дверные блоки перед окончательной окраской очищают, подшпаклевывают появившиеся изъяны и шлифуют. Наружные поверхности переплетов и дверей окрашивают масляными или эмалевыми красками, а внутренние — масляными,

(с флейцованием). Красят пистолетами-распылителями, пневматическими или ручными валиками.

Неокрашенные столярные изделия должны поступать с заводской столярной подготовкой поверхностей и огрунтованными. Дальнейшая отделка заключается в нанесении двух, а иногда трех слоев шпаклевки (со шлифовкой каждого слоя), по которым два или три раза красят белилами или заданным колером, причем каждый подготовительный слой окраски шлифуют, а выходной слой — флейцуют.

При покрытии прозрачными лаками поверхность столярного изделия должна быть тщательно отшлифована и зачищена от всех дефектов. Лак наносят по грунтовке. Каждый слой лака, кроме последнего, шлифуют шкуркой.

Внутри помещений применяют клеевые, казеиновые, известковые, силикатные, масляные, эмалевые и другие составы, которые в большинстве случаев наносят универсальной удочкой или пневматическим валиком.

При клеевой высококачественной окраске после очистки поверхности и расшивки трещин выполняют первую огрунтовку и по ней подмазку клеевой шпаклевкой. Когда подмазанные места высохнут, их шлифуют и делают первую и вторую сплошную шпаклевки с шлифовкой после высыхания каждого слоя. Затем следуют вторая и третья огрунтовки (под цвет колера) и, наконец, окраска колером с торцеванием. При улучшенной окраске сплошную шпаклевку и третью огрунтовку не делают, а при простой отделке ограничиваются окраской после первой огрунтовки.

Известковая окраска ведется по смоченным поверхностям, причем по штукатурке и бетону — с огрунтовкой и частичной подмазкой отдельных мест, а по дереву и кирпичу — только с огрунтовкой.

Силикатные и эмульсионные составы наносят на очищенные поверхности по одному слою огрунтовки.

При окраске масляными, эмалевыми и синтетическими красками поверхность штукатурки или бетона очищают и заглаживают, а трещины расшивают, затем проолифливают и, если надо, подмазывают. После шлифовки подмазанных мест делается сплошная шпаклевка Отшлифованную поверхность шпаклевки грунтуют, снова шлифуют, покрывают за два раза колером (с флейцованием), шлифуя каждый слой. В заключение окрашивают с флейцованием или торцеванием лицевого слоя.

Окраска по древесно-волокнистым и стружечным плитам ведется после подготовки, заключающейся в удалении изъянов и расшивке трещин. Поверхность проолифливают, частично подмазывают и шлифуют. Состав остальных операций тот же, что и при отделке по штукатурке.

Внутри помещений используют стремянки-ходули (рис. XIII.8,*а*), складные ступенчатые или двухвысотные столики (рис. XIII.8,*б*), а также передвижные вышки (рис. XIII.8,*в*).

При отделке фасадов применяют безболтовые трубчатые леса (рис. XIII.8,*е*), раздвижные вышки, смонтированные на пневмоколесном шасси (рис. XIII. 8, *г*), самоподъемные (рис. XIII.8,*д*) и обычные люльки, подмости на дощатых консолях, которые устанавливают в оконных проемах, и др.

§ 3. ОТДЕЛКА ОБОЯМИ, ЛИНКРУСТОМ И СИНТЕТИЧЕСКИМИ ПЛЕНКАМИ

Технологический процесс отделки рулонными материалами осуществляют обычно в два цикла. Сначала подготовляют поверхности, затем наклеивают обои. Поверхность сухой гипсовой штукатурки зачищают в местах срыва картона. Стыки между древесно-стружечными и другими облицовочными листами тщательно заделывают и оклеивают бумагой. Поверхности под ворсовые, моющиеся обои и линкруст шпаклюют и шлифуют.

Стены под оклейку синтетическими обоями на тканевой основе и синтетическими пленками шпаклюют за два раза и шлифуют, затем покрывают один раз под цвет пленки масляным колером. Обои и линкруст наклеивают после того, как все подготовленные поверхности высохли до влажности не более 6—8%. К моменту наклеивания пленки и синтетических обоев влажность стен не должна превышать 2—5%.

Отделка обоями. Процесс оклейки обоями состоит из таких операций: подготовки обоев и подклеечной бумаги (макулатуры); приготовления клея или клейстера; проклейки и шлифовки поверхностей; наклейки на подготовленные поверхности подклеечной бумаги, ее обработки и после ее высыхания — оклейки обоями, бордюром или фризом.

Обои подготовляют в заготовительных мастерских. На полуавтоматических станках с обоев обрезают кромки и одновременно перфорируют рулоны на полотнища и нарезают на куски, содержащие набор полотнищ на комнату. Кромки обрезают с одной стороны (обычно 50% от общего количества с левой и 50% с правой). В тисненых и других плотных обоях, которые при наклеивании соединяют впритык, кромки обрезают с двух сторон.

Подготовленные и высушенные поверхности стен (за исключением тщательно затертых в заводских условиях бетонных панелей и листов сухой гипсовой штукатурки с подготовленной под оклейку картонной поверхностью) оклеивают подклеечной бумагой.

Перед наклейкой макулатуры поверхности стен проклеивают с помощью валика или пистолета-распылителя клейстером. Под простые обои макулатуру наклеивают внахлестку, под плотные обои — впритык.

После высыхания подклейки ее поверхность шлифуют пемзой или шлифовальной машиной, затем вновь проклеивают клейстером.

Простые обои наклеивают внахлестку, начиная от угла стены с окнами.

Подготовленные полотнища обоев укладывают на полу помещения в стопку лицевой стороной вниз и намазывают клейстером вручную маховой кистью или валиком. Используют также складной металлический столик, оборудованный валиками и ванной с клейстером. Полотнища с нанесенным клейстером складывают вдвое, а затем вчетверо и в таком виде их подают маляру.

Наклеивают обои со стремянки. Верхний конец полотнища прижимают к стене, проверяют по отвешенной риске положение кромок, затем тряпкой или мягкой щеткой разглаживают полотнище у верха, по длине, а потом вправо и влево. В таком же порядке, проверяя вертикальность кромок и совпадение рисунка, наклеивают следующие полотнища. Бордюр или фриз наклеивают после оклейки обоями всех стен.

Моющиеся, сатинированные и ворсовые обои на бумажной основе клеят на синтетических клеях или клее КМЦ, как уже было сказано, впритык по подклейке из бумаги.

Синтетические обои на тканевой основе наклеивают на специальных мастиках, поставляемых в комплекте. Применяют также клей КМЦ и другие мастики. Полотнища заготовляют по длине с припуском 5—10 *мм*. На подготовленную и обеспыленную поверхность шпателем наносят слой мастики толщиной не более 0,5 *мм*, разравнивая его широким шпателем так, чтобы у края осталась не покрытой клеем полоса шириной 10 *мм*. Клеевой слой должен подсохнуть в течение 10—15 *мин*. Сначала приклеивают верхний край полотнища, затем, натягивая его и прижимая мягким валиком из поролона или деревянным широким шпателем, раскатывают по всей поверхности, следя, чтобы кромки были в вертикальном положении.

Следующее полотнище наклеивают так, чтобы перекрыть предыдущее по вертикальному шву внахлестку с напуском 5—10 *мм*. После высыхания мастики по стальной линейке прирезают кромки, отгибают края, наносят тонкий слой клея и прикатывают кромки валиком или разглаживают деревянным шпателем.

Линкруст наклеивают без подклейки. Полотнища подготовляют на объекте. Выдержанные в помещении рулоны замачивают в течение 3—5 *мин* в горячей воде (50—60° С), чтобы при развертывании не ломался лицевой слой. Развернутые рулоны на столе нарезают на полотнища по стальной линейке, пользуясь роликом или ножом. Полотнища складывают в стопки лицевой стороной вниз и выдерживают во влажном состоянии 6—8 *ч*.

Клей наносят на поверхность стены, а затем на обратную сторону линкруста, оставляя у краев несмазанными вертикальные полосы шириной 40 *мм*. Наклеив первое полотнище, второе

накладывают внахлестку, чтобы точно совпадал рисунок, тщательно разглаживают и прикатывают валиком. После этого отворачивают неприклеенные края, под них на всю высоту стыка подводят металлическую полоску и по стальной линейке ножом обрезают сразу обе кромки. Вынув рейку, края полотнищ промазывают клеем, прижимают к стене и прикатывают валиком.

Синтетические безосновные пленки представляют собой рулонный материал толщиной менее 0,5 *мм* из поливинилхлоридных и других полимерных смол. Процессы оклейки пленками аналогичны отделке синтетическими обоями.

§ 4. ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА

Эти работы выполняют во время нанесения последнего слоя шпаклевки или краски либо по окрашенным поверхностям с отвердевшим красочным слоем.

Фактурная шпаклевка с крупным рельефом получается при нанесении слоя жидкой шпаклевки — левкаса — специальными пистолетами. Ее выполняют также кистью, резиновым рельефным валиком и т. п. Затвердевший слой фактурной шпаклевки окрашивают обычно масляным или эмалевым колером.

Во время нанесения выходного слоя краски кистями (туповками, шеперками для торцевания и др.), а также резиновыми губками или валиками можно придать поверхности разнообразную фактуру и цвет. Окрашенные поверхности отделывают с помощью прямых и обратных трафаретов и пистолетов для аэрографической росписи, а также накаткой цветного рисунка резиновым валиком, вытягиванием филенок, торцеванием, деревянными или пластмассовыми багетами, шнурами и т. д.

§ 5. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МАЛЯРНОЙ ОТДЕЛКИ

Комплект машин, инструмента и оборудования выбирают в соответствии с видом малярной отделки, учитывая степень заводской готовности сборных элементов и деталей, объем и сроки производства работ, а также местные условия.

Работы рекомендуется вести поточно-цикличным методом с расчленением процессов отделки на операции, выполняемые отдельными звеньями. При расчете номенклатуры и состава комплекта для отделки жилых зданий, сооружаемых поточным методом, в качестве захватки принимают одну или две секции на этаже. Продолжительность малярных работ на захватке устанавливают равной сроку возведения секций этажа, чтобы сохранить ритм и интенсивность потока в целом. Расчет ведут отдельно для работ с водно-клеевыми, масляными и синтетическими составами, обойных, обивочных и других работ.

Допустим, что площадь водно-клеевой окраски стен в пределах секции составляет F $м^2$ и при улучшенной отделке предусматривается осуществить три операции (две грунтовки и окраску). Тогда, если принять коэффициент использования машин по времени 0,6, а продолжительность смены 8 *ч*, требуемая часовая производительность малярных машин и аппаратов для водно-клеевой окраски стен

$$П = \frac{3F}{0{,}6 \cdot 8} \ м^2/ч. \qquad (XIII.1)$$

При производстве работ в две смены

$$П = \frac{3F}{2 \cdot 0{,}6 \cdot 8} \ м^2/ч. \qquad (XIII.2)$$

Так же определяют часовую производительность машин и аппаратов для других видов малярной отделки. Исходя из этих данных подбирают малярную станцию, приемы подачи на этажи малярных составов, способ доставки рабочих, штучных материалов и т. д.

Так, для отделки 9—16-этажного жилого дома в Главкиевгорстрое комплекс малярных работ разделен на два потока. Первый поток включает подготовку поверхностей, второй — «чистовые» процессы: окраску и оклейку обоями. Для каждого потока используется передвижная малярная станция. Оборудование первой станции позволяет готовить шпаклевочные составы из сухих смесей или полуфабрикатов, транспортировать шпаклевочные и окрасочные составы к месту работ, очищать поверхности и производить окраску водными и масляными составами. Вторая стан-

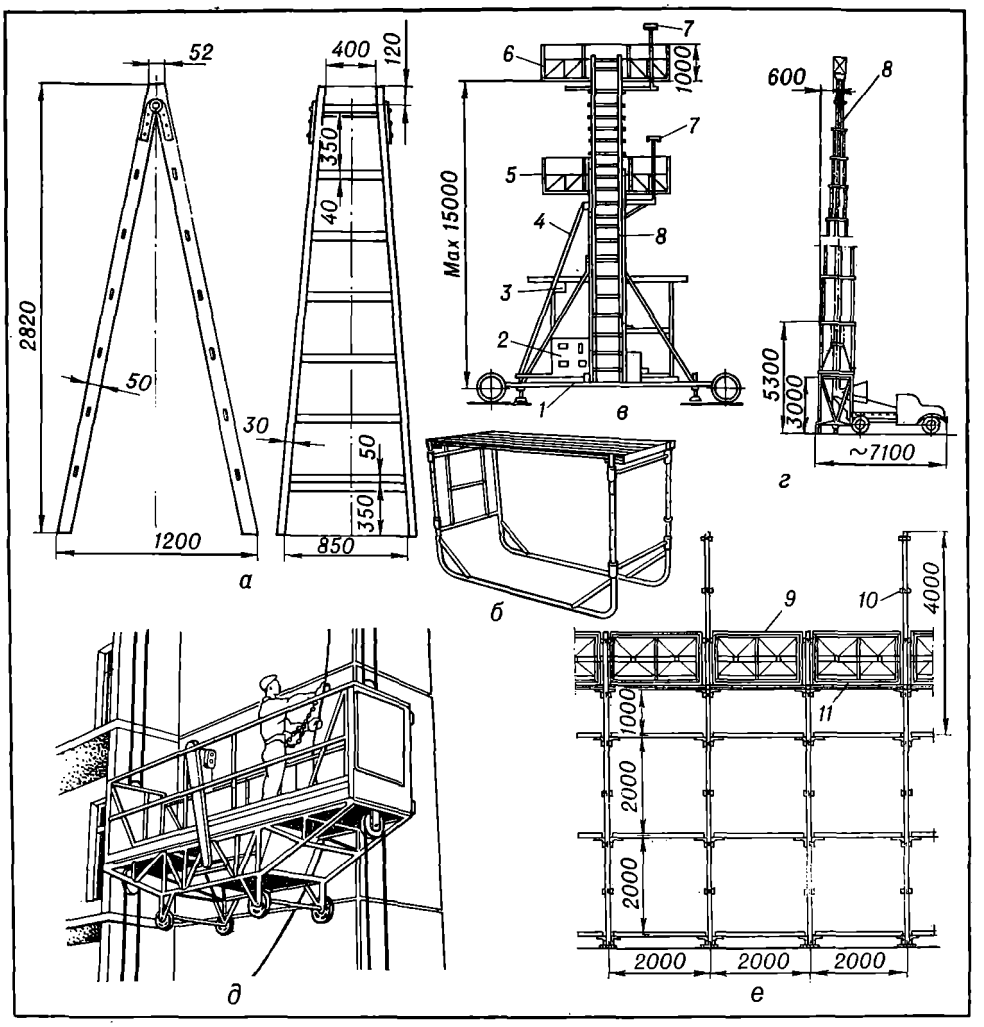


Рис. XIII.8. Инвентарные подмости, вышки, люльки и леса для отделки зданий:

а — стремянка-ходули; *б* — двухвысотный столик; *в* — передвижные подмости с электроприводом; *г* — автомобильная вышка; *д* — самоподъемная люлька ЛС-80-250 (высота подъема 80 *м*, грузоподъемность 250 *кг*); *е* — трубчатые безболтовые леса; *1* — тележка; *2* — пульт управления; *3* — лебедка для подъема секций; *4* — домкрат поворота; *5* — средняя платформа; *6* — верхняя платформа; *7* — краны-укосины; *8* — телескопические колонны; *9* — ограждение; *10* — трубчатые стойки; *11* — настил.

ция имеет оборудование для механизации чистовой отделки масляными красками стен, столярных изделий и т. п., а также наклейки обоев (рис. XIII.9,*а*,*в*).

Рабочих на этажи доставляет грузопассажирский лифт.

Если поверхности подготовлены под последнюю покраску или оклейку обоями на заводе, то малярная станция имеет оборудование только для переработки грунтовочных и окрасочных составов, а при отделке гражданских зданий — оборудование для высококачественной малярной отделки, т. е. для нанесения дополнительных слоев шпаклевки и грунтовки (рис. XIII.9,*б*).

В зимнее время для окраски фасадов применяют морозостойкие перхлорви-

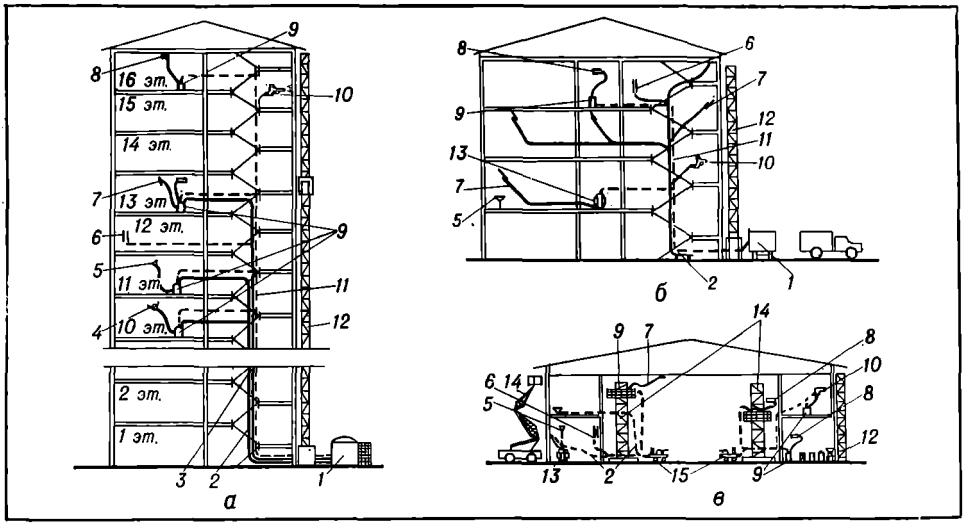


Рис. XIII.9. Схемы расстановки машин и механизированного инструмента для комплексной механизации малярных работ при отделке:

а — 9 — 16-этажного дома с подготовкой поверхностей; *б* — здания школы по подготовленным поверхностям; *в* — цеха или зала с подготовкой поверхностей; *1* — малярные станции; *2* — шланги для подачи клеевых малярных составов; *3* — шланг для подачи шпаклевки; *4* — комбинированный валик; *5* — шпатели; *6* — затирочно-шлифовальные машинки; *7* — удочки; *8* — валики для клеевой окраски; *9* — пневмобачки; *10* — пистолеты-распылители; *11* — стояки сжатого воздуха; *12* — грузопассажирские подъемники; *13* — шпаклевочный агрегат; *14* — передвижные вышки; *15* — компрессоры.

ниловые и цементно-перхлорвиниловые краски. Известковые составы используют в том случае, если температура воздуха в течение суток не падает ниже +5° С. Внутренние малярные работы выполняют в отапливаемых помещениях при температуре воздуха у наиболее охлаждаемых поверхностей не ниже +8° С.

§ 6. ПРИЕМКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАЛЯРНЫХ РАБОТ

Качество отделки зависит от тщательности подготовки малярных составов и соблюдения технологии выполнения работ. Все малярные составы должны иметь заданную вязкость. Их надо процедить или очистить другим способом от посторонних включений и использовать в сроки, соответствующие их годности.

Окрашенные поверхности должны быть однотонными, без пятен, полос, брызг, волосков от кисти. Фактура поверхности, окрашенной масляными или эмалевыми красками, должна быть глянцевой или матовой, без неровностей вследствие плохой шлифовки. При высококачественной окраске не допускается, чтобы нижележащий слой краски просвечивался. Недопустимы также местные искривления линий и закраски в сопряжениях.

Филенки, фризы и бордюры делают одинаковой ширины и без видимых стыков. Искривления в филенках допускаются не более 1 *мм* на 1 *м* длины. Рисунок, набитый по трафарету, должен иметь четкий, правильный контур, без потеков краски, пропусков и сдвигов частей рисунка.

На поверхностях, оклеенных обоями, не должно быть пузырей, пятен, отклонений в пригонке рисунка на стыках, пропусков в оклейке и отслоений. Соединения полотнищ впритык выполняют так, чтобы они не были заметны на расстоянии 2 *м*.

Глава 6

УСТРОЙСТВО ПОЛОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Пол состоит из нескольких конструктивных элементов (рис. XIII.10,*а,б*), соответствующих назначению помещения и особенностям строящегося здания. Элементы пола устраивают на разных этапах строительства по графику, предусматривающему такое совмещение процессов, при котором исключается повреждение выполненной части конструкции пола. При этом надо соблюдать технологические перерывы для твердения подстилающего слоя и стяжки, а также выдерживать требуемую температуру и влажность в помещениях.

В индустриальном жилищном строительстве часть процессов по изготовлению элементов полов выполняют на заводах.

При строительстве общественных и промышленных зданий почти все работы по устройству полов выполняют непосредственно на объекте.

§ 2. ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЯ, УСТРОЙСТВО ПОДСТИЛАЮЩЕГО СЛОЯ И СТЯЖКИ

Для подготовки основания снимают бульдозером растительный слой грунта и вывозят его для использования на благоустройство. Пучинистые и мерзлые грунты, примесь снега и льда надо удалить и заменить песчаными подсыпками. Основания на некаменистых грунтах уплотняют щебнем или гравием крупностью 40—60 *мм* в один слой, вдавливая его в грунт катками и поливая при этом водой. До устройства бетонного подстилающего слоя (подготовки) надо возвести подземную часть здания, сделать обратную засыпку пазух между фундаментом и котлованом, спланировать и укатать грунт.

Подготовку под полы из бетона марок 100—200 укладывают по проектной отметке отдельными полосами шириной 8 *м* при помощи комплекта бетоноукладочных машин. В неотапливаемых помещениях через 10—12 *м* по длине и 5—6 *м* по ширине в подготовке устраивают сквозные температурные швы шириной 8—10 *мм*, которые нарезают машинами, снабженными абразивными дисками. Пазы заполняют горячим битумом.

Подстилающий слой из сборных железобетонных плит (размерами 6 × 3 × × 0,12 *м*) устраивают по готовому песчаному основанию. Плиты укладывают краном. Участки у колонн и стен бетонируют на месте.

Стяжка представляет собой слой толщиной 15—40 *мм* из мелкозернистого бетона, цементно-песчаного раствора марки 100 или асфальтобетона. Стяжку укладывают на перекрытие, чтобы выровнять его поверхность или придать ему проектный уклон. Если на поверхность перекрытия уложен слой пористого или нежесткого звукоизоляционного материала, стяжка образует корку, служащую основанием для покрытия пола. Стяжкой закрывают трубопроводы, размещаемые на поверхности перекрытия, делая ее на 10—15 *мм* толще диаметра труб. Поверхность бетонной стяжки под покрытия, укладываемые на битумной мастике, прогрунтовывают праймером — раствором битума в керосине (состав 1 : 2 или 1 : 3), который наносят краскопультом.

§ 3. ПОЛЫ СО СПЛОШНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Сплошные (монолитные) полы устраивают из цементно-песчаных, металлоцементных, бетонных (терраццовых), асфальтобетонных, ксилолитовых и щебеночных смесей, а также из поливинилацетатных мастик — по грунту на подготовке или по перекрытиям.

Металлоцементные полы устраивают по свежеуложенной, но не заглаженной цементно-песчаной прослойке обычно толщиной 20 *мм*. Жесткую металлоцементную смесь марки 500, состоящую из одной части цемента и одной части прокаленных стальных стружек в виде зерен крупностью 1—5 *мм*, укладывают слоем 20—30 *мм* полосами шириной 1,75—3,5 *м*, разравнивая ее и уплотняя виброрейкой. Поверхность пола на следу ю

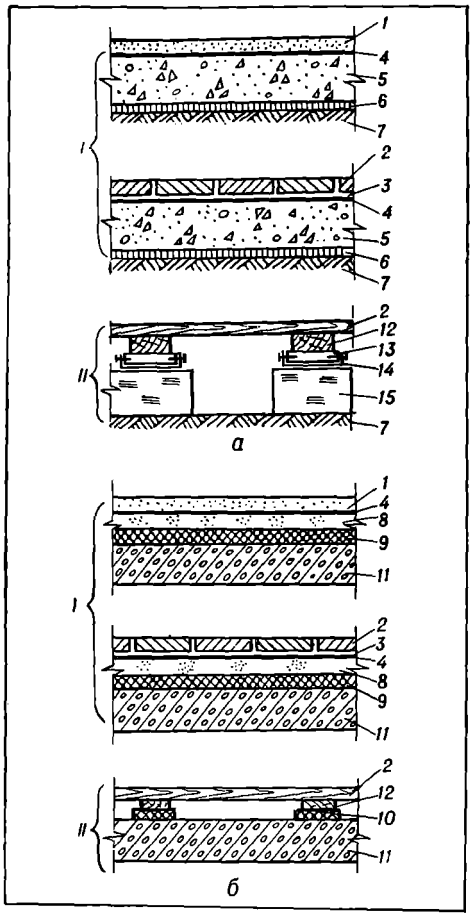


Рис. XIII.10. Схемы конструкции элементов полов:

а — на грунте; *I* — беспустотные; *II* — с подпольем; *б* — на перекрытии; *I* — беспустотные; *II* — с воздушной прослойкой; *1* — покрытие сплошное; *2* — то же, из штучных или листовых материалов; *3* — прослойка; *4* — гидроизоляционный слой от сточных вод и других жидкостей; *5* — подстилающий слой; *6* — гидроизоляционный слой от грунтовых вод; *7* — грунт основания; *8* — стяжка; *9* — звуко- или теплоизоляционный слой перекрытия; *10* — звукоизоляционные подкладки по всей линии лаг; *11* — плита перекрытия; *12* — деревянная лага; *13* — деревянная подкладка; *14* — два слоя толя; *15* — бетонный или кирпичный столбик.

щие сутки после укладки периодически смачивают водой. Через 7—12 дней затвердевшее металлоцементное покрытие отделывают шлифовальными машинами.

Терраццовые полы выполняют из бетонной смеси, приготовленной на белом или окрашенном цементе и заполнителе — мраморной крошке, подобранной по гранулометрическому составу, размеру (от 3 до 15—25 *мм*) и цвету.

Конструкция терраццового покрытия — двухслойная. Нижний слой (прослойку) делают толщиной 15—20 *мм* из жесткого цементно-песчаного раствора (состав 1 3 и 1 4). Одноцветный верхний слой покрытия укладывают на прослойку до начала ее твердения, разравнивают гладилкой, уплотняют кельмой, а затем прорабатывают легким поверхностным вибратором.

При устройстве многоцветного покрытия с рисунком в прослойку заделывают жилки из нержавеющей стали, алюминия, латуни или стекла. Жилки (рис. XIII.11,*а*) выставляют так, чтобы их верхние ребра служили маяками при укладке мозаичного слоя и разравнивании его с помощью правила. Сначала мозаичный состав укладывают в полосы (рис. XIII.11,*б*) так, чтобы прочнее закрепить жилки, затем заполняют основные плоскости, уплотняя смесь вибратором.

Уложенный терраццовый слой укрывают матами и 7—10 дней поливают водой один раз в сутки. Отделка пола состоит в шлифовании шлифовальной машиной с карборундовым или другим абразивным камнем. После первой шлифовки поверхность шпаклюют окрашенным цементно-песчаным раствором. Далее пол шлифуют более мелкими абразивами, дополнительно шпаклюют, обрабатывают полировочными порошками и в заключение глянцуют мастикой с помощью натирочной машины (рис. XIII. 11,*в*).

Асфальтобетонные полы устраивают из горячей смеси заводского приготовления. При устройстве полов на грунте подготовку делают из щебня или бетона. На перекрытиях устраивают стяжку, которую грунтуют раствором битума в керосине. Покрытие выполняют в один слой толщиной 20—25 *мм* или в два слоя общей толщиной до 50 *мм*. На перекрытие горячую (140—160° С) асфальтобетонную смесь подают краном в контейнерах или флягах. К месту укладки смесь доставляют в тачках или мототележках ТУМ-57 с опрокидным кузовом и разравнивают граблями или правилом, которое передвигают по маяч-

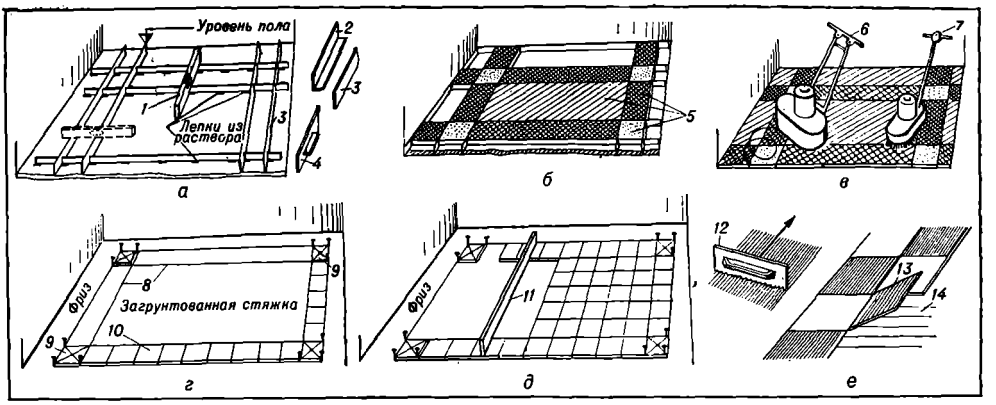


Рис. XIII.11. Схемы устройства терраццового покрытия и укладки керамических и пластикатных плиток:

а — установка жилок; *б* — очередность укладки терраццового слоя; *в* — шлифовка и накатка глянца; *г* — установка маячных плиток и рядов; *д* — укладка керамических плиток; *е* — укладка пластикатных плиток; *1* — уровень; *2* — жилка алюминиевая; *3* — то же, стеклянная; *4* — то же, медная; *5* — уложенный терраццовый слой; *6* — шлифовальная машина; *7* — машина для накладки глянца; *8* — шнуры; *9* — марки; *10* — маячный ряд; *11* — правильная линейка; *12* — зубчатый шпатель для разравнивания мастики; *13* — плитка; *14* — слой мастики.

ным рейкам, ограничивающим полосы шириной 2 *м*. Затем смесь уплотняют катком массой 60—80 *кг*.

Ксилолитовые полы делают из смеси каустического магнезита с опилками хвойных пород, затворенной на водном растворе хлорида магния. Полы могут быть однослойные (толщиной 12—15 *мм*) и двухслойные (с нижним слоем 12 и лицевым 10 *мм*) из массы, окрашенной щелочестойкими минеральными пигментами. Из сухой ксилолитовой смеси, доставленной в мешках, массу приготовляют в растворосмесителях перед самой укладкой.

Поверхность основания грунтуют раствором хлорида магния. Лицевой слой укладывают после затвердения нижнего полосами шириной до 2,5 *м*, ограниченными рейками, уплотняют металлическими трамбовками массой до 5 *кг* и заглаживают металлическими гладилками. Если пол многоцветный, в нижний слой закладывают жилки (рис. XIII. 11, *а*). Ксилолитовый пол отделывают, когда он затвердевает. Поверхность его циклюют металлическими циклями, затем смачивают смесью каустического магнезита на растворе хлорида магния и шпаклюют, а после затвердения шпаклевки шлифуют.

Поливинилацетатные покрытия из смеси поливинилацетатной эмульсии (ПВА), кислотостойких, светоустойчивых пигментов и пылевидных заполнителей (молотый кварц, маршалит и др.) пригодны для сухих помещений. Смесь затворяют на воде и перемешивают в течение 4—5 *мин* в растворосмесителе. Готовую ПВА-мастику вязкостью 3 *мин* после процеживания и удаления пены используют не позже чем через 4—5 *ч*.

В помещении, где устраивают покрытие, температура воздуха на уровне пола не должна быть ниже +10° С. Стяжку (цементно-песчаную или полимерцементную) тщательно выравнивают, изъяны шпаклюют ПВА-мастикой и шлифуют. За сутки до устройства покрытия поверхность стяжки обеспыливают пылесосом, затем пистолетом-распылителем наносят грунт из 10%-ной ПВА-эмульсии. После ее высыхания и вторичного удаления пыли наносят пистолетом-распылителем четыре слоя мастики толщиной 1,2—1,5 *мм* каждый. После высыхания мастики пол шлифуют и покрывают износостойким лаком.

§ 4. ПОЛЫ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ШТУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Полы из каменных плиток и плит устраивают на прослойке из цементно-песчаного раствора толщиной от 10 до 20 *мм*. Для химически стойких покрытий используют кислотоупорные растворы на

жидком стекле (толщина прослойки 10—15 *мм*) и битумные или дегтевые мастики (прослойки толщиной 2—3 *мм*).

Подстилающий слой при укладке плиток или плит на растворе должен иметь шероховатую поверхность, а при использовании мастик — гладкую и тщательно выровненную. Подстилающему слою придают необходимые уклоны в сторону стоков или трапа. Керамические плитки перед их укладкой замачивают в воде, мраморные только слегка увлажняют. Прослойку из цементно-песчаного раствора на жидком стекле растилают сразу полосой длиной около 1 *м*.

Реперные плитки-маяки устанавливают у стен на отметке чистого пола (рис. XIII.11,*г*), фризовые — на линии фриза и в углах. Между ними при большой площади помещения размещают промежуточные маяки. (Уровень пола наносят красной чертой на стены, пользуясь лазерными приборами).

После проверки фризовые, угловые и промежуточные плитки-маяки осаживают на растворе до отметки чистого пола, определяемой по реперным маячным плиткам. Сначала на прослойке укладывают плитки фризовых рядов, расположенных вдоль стены, противоположной выходу, после этого приступают к покрытию площади пола, продвигаясь к стене с выходом из помещения. Плитки укладывают немедленно по нанесении прослойки (рис. XIII.11,*д*), тщательно подгоняя их под натянутый между маяками шнур, прижимая одну к другой, к прослойке, фризу и стенам. Раствор подвижностью 35—40 *мм* разравнивают так, чтобы уровень постели был на 2—3 *мм* выше требуемого. После настилки ряда к ребру плиток прикладывают правило и, ударяя по нему молотком, выправляют ряд уложенных плиток, а затем его осаживают под заданную отметку отфугованным бруском длиной 1 *м*. Швы, оставшиеся во время настилки незаполненными, через 3—4 дня заполняют цементным тестом или раствором 1 1 на мелком песке. После схватывания раствора в швах поверхность пола протирают влажными опилками, ветошью и смывают водой.

Настилку на мастиках ведут по просушенной и обеспыленной поверхности подстилающего слоя. Перед настилкой поверхность грунтуют раствором битума в лигроине. Мастику наносят слоем в 2—3 *мм*. Укладка ведется по маячным плиткам под шнур с осаживанием плиток на слой мастики и прижиманием их правилом. Швы толщиной не более 1—2 *мм* заполняют мастикой при укладке плит, излишки мастики снимают шпателем и смывают поверхность покрытия растворителем.

Мозаичные керамические плитки для полов выпускают толщиной 6—8 *мм*, размерами 23 × 23, 28 × 48 и 23 × × 48 *мм*. Для удобства настилки на заводах плитки наклеивают на прямоугольные листы крафт-бумаги (карты). Настилку ведут на прослойке толщиной 15 *мм* из жесткого цементно-песчаного раствора марки 75. После разбивки положения фриза и рядового покрытия устанавливают маячные ряды вдоль стен помещения из карт или марки из крупных керамических плиток. Затем между маячными рядами натягивают шнур-причалку, прикрепляя его к штырям, вбитым по линии швов. Раствор укладывают полосой на 20—30 *мм* шире карт непосредственно перед настилкой.

Карты укладывают «на себя» бумагой вверх по угольнику и осаживают ударами молотка по бруску, чтобы раствор заполнил швы между плитками, что видно по намоканию бумаги. Укладку надо заканчивать до начала схватывания раствора. Поверхность настланного пола укрывают влажными опилками и выдерживают двое суток, после чего теплой водой смывают бумагу, очищают поверхность пола жесткими щетками и заполняют швы между рядами цементным раствором (1 1).

Полы из полимерных плиток. Поливинилхлоридные плитки приклеивают резинобитумной мастикой или клеем КН-2. Укладку ведут по тщательно выровненному и прогрунтованному основанию при температуре воздуха в помещениях не ниже +15° С. Сначала на основании мелом определяют продольную и поперечную оси помещения. Затем, начиная от точки пересечения осей, раскладывают насухо два взаимно перпендикулярных ряда плиток так, чтобы кромки их примыкали к осям. После

этого плитки собирают, на основание пола наносят мастику и распределяют ее по поверхности зубчатым шпателем (рис. XIII.11,*е*) слоем 0,5 *мм* (полосой, достаточной для укладки одного-двух рядов плиток). Дав мастике загустеть, на тыльную поверхность каждой плитки тоже намазывают мастику, плитку приставляют впритык к кромке ранее уложенной и, постепенно опуская, прижимают к основанию, осаживая ударом резинового молотка.

После окончания работ пол протирают ветошью, смоченной в бензине.

§ 5. ПОЛЫ ИЗ ДОСОК, ПАРКЕТА И ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Дощатые полы настилают из строганых досок толщиной 20—37, шириной 74—124 *мм* и влажностью до 12%. В кромках досок должны быть выбраны пазы и гребни. Паркетные доски состоят из реечного основания с пазом и гребнем, на которое наклеены паркетные планки. Ширина досок 150—300, длина от 600 до 3000 *мм*.

Полы настилают по лагам из нестроганых 25-миллиметровых досок (рис. XIII.12,*а*), укладываемых на полосы из звукоизоляционного материала.

Настилку «паркетным способом» ведет звено из двух плотников. В паз первой доски, уложенной у стены, вводят гребень следующей доски и ударами молотка через прокладку сжимают доски, а в основание нижней щеки паза под углом 45° забивают в каждую лагу гвоздь длиной 60 *мм* (при креплении паркетных досок) или длиной в 2,5 раза больше толщины досок (если крепятся строганые доски). Шляпки втапливают. При этом пол сплачивается (рис. XIII. 12, *б*,*в*,*г*). Ровность поверхности пола проверяют двухметровой рейкой. Зазоры не должны превышать 2 *мм*.

Дощатые полы отделывают машиной для острожки досок (рис. XIII.12,*д*). Не доступные для машины места простругивают электрорубанком. Плинтусы крепят гвоздями к пробкам, заделываемым в стены через 70 *см*, а галтели — шурупами к паркетным доскам.

Паркетные полы. Полы из штучного паркета устраивают из планок (клепок) длиной от 150 до 400 и шириной 30—60 *мм*, имеющих паз и гребень. Толщина дубовых и буковых планок — 15, а из сосны и лиственницы — 18 *мм*. Наборный паркет представляет собой деревянные планки толщиной 8—12 *мм*, наклеенные на листы крафт-бумаги размером 400 × 400 *мм*.

Паркетные полы укладывают на прослойке из мастики по цементно-песчаной или асфальтовой стяжке, а также на сплошной прокладке из древесно-волокнистых плит.

Поверхность стяжек, бетонных перекрытий и древесноволокнистых плит предварительно грунтуют раствором битума в керосине. Настилку паркета следует начинать спустя сутки после грунтовки при влажности стяжки не более 4%, температуре воздуха в помещении не ниже +10° С и относительной его влажности до 60%.

Процесс настилки пола *на мастике* состоит из раскладывания паркета у рабочего места, разбивки маячных рядов, разлива и разравнивания холодной мастики, укладки паркетных планок, отделки примыканий у ниш, устройства фриза и порогов, острожки пола, циклевки, установки плинтусов или галтелей и отделки пола.

При разбивке устанавливают положение фриза и маячной елки, затем по продольной средней линии помещения натягивают шнур и предварительно раскладывают клепки для проверки правильности подбора и регулирования ширины фриза и зазора у стены (рис. XIII. 12,*е*,*ж*). Маячную елку укладывают от середины продольной оси помещения. Перед укладкой на небольшой участок основания наносят слой мастики толщиной 0,5 *мм* и разравнивают его зубчатым шпателем. Сразу же после нанесения мастики укладывают клепку так, чтобы не менее 80% ее тыльной поверхности было покрыто мастикой. Ударяя молотком по торцовой кромке, клепку сплачивают с ранее уложенной с зазором не более 0,3 *мм*. Крайние ряды клепок обрезают электропилой.

Полы из штучного паркета на гвоздях укладывают на основание из досок. Для предотвращения скрипа при ходьбе на поверхность основания расстилают строительную бумагу.

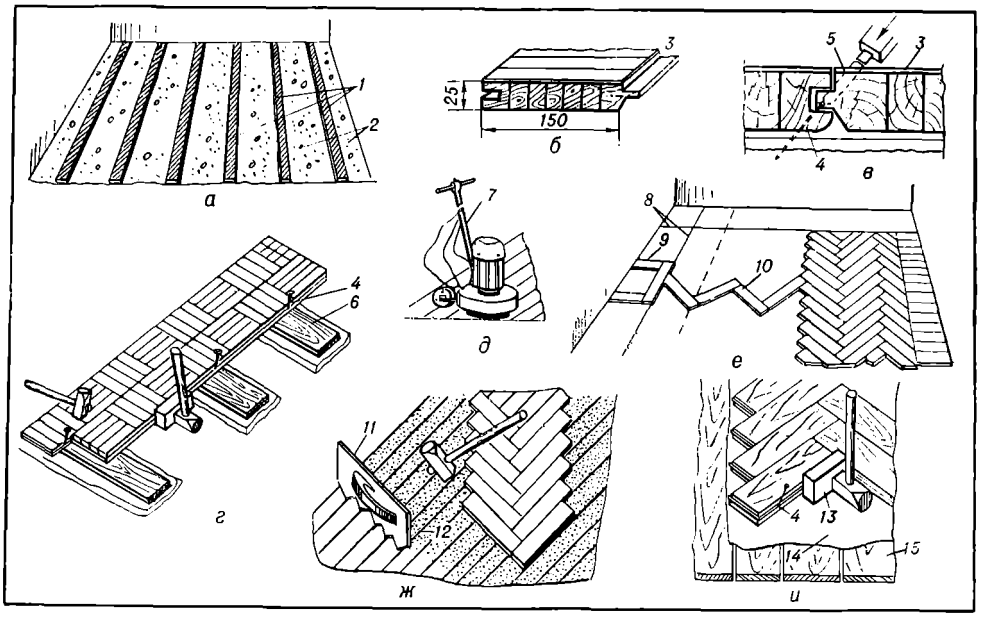


Рис. XIII.12. Настилка полов из паркетных досок и штучной паркетной клепки:

а — укладка звукоизоляционных прокладок; *б* — паркетная доска в разрезе; *в* — добивание гвоздя при соединении паркетных досок; *г* — настилка пола из паркетных досок; *д* — отделка пола; *е* — раскладывание штучного паркета; *ж* — настилка паркета; на мастике; *и* — то же, на гвоздях; *1* — древесно-волокнистые прокладки; *2* — засыпка; *3* — паркетная клепка; *4* — гвоздь (50 — 60 *мм*); *5* — добойник; *6* — лага дощатая; *7* — машина для острожки досок; *8* — разбивочные оси; *9* — раскладка фриза; *10* — раскладка паркетной клепки; *11* — зубчатый шпатель; *12* — мастика; *13* — деревянная подкладка; *14* — строительная бумага; *15* — черный дощатый пол.

Паркетные планки укладывают так, чтобы их гребни плотно вошли в шпунты ранее уложенных планок. Ударами молотка со скошенным обушком по продольной, а затем по торцовой кромке сплачивают планки. Каждую планку крепят к дощатому основанию двумя 44—50-миллиметровыми гвоздями, забиваемыми наклонно в продольный паз, и одним — в торцовый паз (рис. XIII.12,*и*), затем добойником втапливают их шляпки.

Последний ряд планок у фриза или стены прибивают только в продольных кромках. После этого по отбитой линии электропилой обрезают планки с расчетом на ширину фриза или линейки и зазора шириной 15 *мм* у стены. По окончании настилки рядового покрытия настилают фриз или планки линейки.

Полы из наборного паркета настилают по слою холодной мастики толщиной около 1 *мм* или на специальных синтетических клеях. Сначала укладывают насухо маячный ряд и проверяют правильность разбивки и укладки карт паркета. Карты кладут бумагой кверху по тщательно выровненному слою мастики. Квадраты паркета подгоняют друг к другу так, чтобы линии стыков были строго прямолинейны. После окончания всех работ в помещении бумагу смывают.

Полы из древесноволокнистых и твердых древесностружечных плит прибивают гвоздями к лагам или приклеивают к подготовленному основанию казеиноцементным клеем или казеиноэмульсионными мастиками. Перед укладкой плиты надо прирезать. Боковые кромки древесностружечных плит менее водостойки, чем вся плита. Их рекомендуется спиливать по периметру на ширину 100—120 *мм*.

§ 6. ПОЛЫ ИЗ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Обычный линолеум на тканевой или картонной основе, безосновный (поливинилхлоридный, глифталевый, алкидный, пергаминовый и резиновый), а также **релин** приклеивают к основанию мастиками. Поливинилхлоридный лино-

леум на теплозвукоизоляционной подоснове не приклеивают, а укладывают насухо, сваривая стыки.

К устройству покрытий полов из линолеума приступают после побелки потолков и подготовки стен для последней окраски при влажности в помещении не более 60% и температуре воздуха не ниже +10° С. Основание под покрытие должно быть ровным, сухим, незыбким и без трещин. Пыль с него удаляют пылесосом. Настилку производят по цементно-песчаной стяжке, древесно-стружечным плитам и дощатому полу. Стыки между древесно-стружечными плитами заполняют шпаклевкой или мастикой.

Для настилки на мастиках линолеум заготовляют централизованно в мастерских. Перед раскроем рулоны раскатывают, укладывают в стопу лицом к лицу и выдерживают 4—5 дней. Куски нарезают по альбомам раскроя, комплектуют на комнату (квартиру) и в комплекте доставляют на объект.

Для приклейки применяют казеиновые, канифольные, резинобитумные, дифенилкетонные (ДФК), кумаронокаучуковые (КН-2) и другие мастики. Основание за день до укладки пола грунтуют раствором мастики в бензине. В помещении заготовленные полотнища линолеума раскатывают так, чтобы кромки смежных полотнищ накладывались внахлестку на ширину 10 *мм*, и выдерживают не менее суток.

Приступая к наклеиванию, мастер скатывает полотнище тыльной стороной наверх к середине помещения. После этого зубчатым шпателем на основание пола наносят тонким слоем (0,4—0,5 *мм*) полосу мастики шириной на 10 *мм* меньше ширины полотнищ линолеума. Затем мастикой смазывают тыльную сторону линолеума. После легкой просушки мастики в течение 10—30 *мин* линолеум укладывают, разглаживая куском мешковины, и прикатывают катком. Следующее параллельное полотнище наклеивают так, чтобы его кромка на 10—12 *мм* перекрывала ранее уложенное.

После затвердения мастики ножом или резаком по стальной линейке прирезают кромки, приподнимают их, намазывают мастикой и прикатывают валиком.

Плинтусы или галтели прибивают к деревянным пробкам, заделанным в стену. Поливинилхлоридные плинтусы приклеивают на мастике КН-2.

При устройстве полов на теплоизвукоизоляционной основе ковры на комнату из теплого линолеума заготовляют в мастерских, сваривая полотнища токами высокой частоты. Накатанный на деревянный сердечник ковер доставляют к месту укладки, раскатывают вдоль коридора, а в комнатах по направлению света из окон и выдерживают в таком положении сутки. Затем ножом по стальной линейке прирезают ковер по месту, оставляя у стен зазор не более 10 *мм*. Плинтусы или галтели по периметру помещения прибивают к пробкам. После этого в дверных проемах выбирают паз V-образной формы и сваривают стык электроинструментом, расплавляя присадочный пруток в струе горячего воздуха с температурой 260—300° С.

Ворсовопрошивные ковры для полов состоят из синтетической ворсовой ткани шириной 1,1—3 *м*, сдублированной с тканевой или губчатой основой.

После очистки поверхности стяжки ее грунтуют водным раствором поливинилацетатной эмульсии и просушивают. Затем полосами шириной 2 *м* укладывают полимерцементный раствор, разравнивая его правилом.

К настилке ковра приступают после окончания всех отделочных работ при влажности основания не более 4%. Раскатанные по стяжке полотнища прирезают по линейке ножом по месту и в таком положении выдерживают 3—5 дней для стабилизации усадки. Перед укладкой кромки склеивают, для чего под стык подкладывают полоску из прочной ткани, промазывают ее синтетическим клеем КН-2 и затем прижимают кромки шпателем. Подготовленный ковер, уложенный без складок и волн, заводят под установленные ранее плинтусы.

Глава 7

ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРИ ОТДЕЛКЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

При отделке зданий используют комплекты машин с электроприводами. Металлические части машин, работающих при напряжении более 36 *в*, надо заземлять, а рубильники помещать в закрытые ящики и не оставлять работающие машины без надзора.

Пневматические аппараты перед их применением следует испытать на давление, в 1,5 раза превышающее рабочее. Манометры этих аппаратов должны быть опломбированы.

Для многих отделочных процессов применяются составы, вредные для здоровья работающих, поэтому им надо разъяснить, в каких случаях обязательно пользоваться респираторами, защитными очками и специальной одеждой. Через каждые три месяца работающие с вредными составами должны проходить медицинский осмотр.

Особое внимание надо обратить на противопожарную профилактику при работе с огнеопасными материалами и составами: нитрокрасками, бензином, сольвентом, керосином, некоторыми лаками и мастиками. В зоне их применения нельзя курить, производить сварку и разводить огонь. Помещения, где применяют указанные составы, надо непрерывно проветривать. На видных местах следует установить плакаты, поясняющие методы безопасного ведения работ, предупредительные и запрещающие надписи, а также специальные инструктивные указания.

Перхлорвиниловые материалы надо хранить в огнестойких помещениях.

Фасады отделывают с инвентарных лесов, которые должны иметь паспорта заводов-изготовителей. Леса устанавливают на подкладки из досок толщиной 50 *мм*, а по высоте леса прикрепляют к анкерам, заделываемым в стену в процессе кладки. Трубчатые металлические леса снабжают молниезащитными устройствами.

Ширина настилов на лесах при штукатурных работах принимается 1,5 *м*, а при окраске фасадов — 1 *м*. Настилы с двух сторон прибивают гвоздями. Высоту проходов делают не менее 1,8 *м*. Зазор между стеной и настилом лесов не должен превышать 15 *см*; его закрывают съемными досками. Перила на лесах высотой 1 *м* состоят из поручня, одной промежуточной и бортовой доски.

При установке и демонтаже лесов провода, расположенные ближе 5 *м*, должны быть обесточены и сняты.

Лебедки для подъема люлек, устанавливаемые на земле, должны быть загружены балластом, равным двойной массе люльки с нагрузкой, и снабжены тормозным устройством. Стальные канаты для подъема люлек подбирают по расчету с шестикратным запасом прочности, а люльки испытывают с грузом, превышающим расчетный на 50%. Настилы люлек ограждают перилами или металлической сеткой высотой 1 *м*, а рабочие в люльке обязаны надевать предохранительные пояса.

Кровли и металлические конструкции, расположенные на высоте более 1,5 *м*, окрашивают маляры, которые обязаны надевать предохранительные пояса и нескользкую обувь.

При окраске потолков надо надевать очки и защитный колпак. Резиновые перчатки нужны на работах с известковыми и опасными химическими составами.

В помещении, где производится окраска водными составами, электропроводку надо обесточить. Все внутренние малярные работы и настилку полов из пластиков с применением составов, выделяющих вредные летучие пары, разрешается выполнять только при открытых окнах.

В помещениях, окрашиваемых масляными, эмалевыми и нитрокрасками, пребывание людей свыше 4 *ч* не допускается. Малярные работы внутри резервуаров и других закрытых емкостей должны производиться обязательно при проветривании с помощью переносных вентиляторов. Работа с приставных лестниц допускается только при небольшой площади окраски и на высоте не более 5 *м* от пола или настила.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аммосов Г. Н. Монтаж строительных конструкций. М., «Высшая школа», 1974.

Бородин И. В. Технология и организация строительства водопроводно-канализационных сооружений. М., Стройиздат, 1969.

Возведение многоэтажных промышленных зданий унифицированных габаритных схем. Практическое пособие. М., Стройиздат, 1969. [ЦНИИОМТП Госстроя СССР].

Ганичев И. А. Технология строительного производства. М., Стройиздат, 1972.

Ерошевский М. И. Технология городского строительства. М., «Высшая школа», 1974.

Завражин Н. Н. Кровельные работы. М., Стройиздат, 1974.

Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве. (Материалы VIII Всесоюзного совещания). Киев, «Будівельник», 1974.

Леви С. С., Копелевич Л. Х. Арматурные работы. М., Стройиздат, 1973.

Лубенец Г. К. Подготовка производства и оперативное управление строительством. Киев, «Будівельник», 1974.

Машины для земляных работ. Справочное пособие. Под ред. С. П. Епифанова. М., Стройиздат, 1974.

Машины, механизмы и оборудование для бетонных и железобетонных работ. Справочное пособие. М., Стройиздат, 1974.

Миронов С. А. Теория и методы зимнего бетонирования. М., Стройиздат, 1975.

Монтаж строительных конструкций. Под общ. ред. В. Н. Сизова. М., «Высшая школа», 1969.

Охрана труда в строительстве. Под общ. ред. Н. Д. Золотницкого. М., «Высшая школа», 1969.

Проектирование организации производства строительно-монтажных работ в гражданском строительстве. Под общ. ред. И. И. Косорукова. М., «Высшая школа», 1973.

Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термоса. М., Стройиздат, 1975. [НИИЖБ Госстроя СССР].

Руководство по организации труда при производстве строительно-монтажных работ. (Серия). М., Стройиздат, 1972—1974. [ЦНИИОМТП Госстроя СССР].

Руководство по применению опалубки для монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1, 2 и 3. М., Стройиздат, 1972, 1974.

Руководство по производству бетонных работ. М., Стройиздат, 1975.

Руководство по электротермообработке бетона. М., Стройиздат, 1974.

Рыбальский В. П. Автоматизированные системы управления строительством. Киев, «Вища школа», 1974.

Свайные работы. Под ред. И. И. Косорукова. М., «Высшая школа», 1974.

Справочник по специальным работам. Монтаж стальных и сборных железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1970.

Строительные машины. Практические упражнения. Под общ. ред. Ю. А. Ветрова и А. С. Фиделева. Киев, «Вища школа», 1974.

Строительные нормы и правила (СНиП, часть III). М., Стройиздат, 1962—1974.

Таукач Г. Л. Научные основы организации труда в строительстве. Киев, «Вища школа», 1972.

Технология строительного производства. Под общ. ред. С. С. Атаева. М., Стройиздат, 1975.

Технология строительного производства. Под общ. ред. В. Н. Сизова. М., «Высшая школа», 1969.

Технология строительного производства. Под общ. ред. Н. А. Смирнова. М., Стройиздат, 1975.

Технология строительных процессов. Под ред. М. С. Будникова. Киев, Госстройиздат УССР, 1961.

Фиделев А. С., Чубук Ю. Ф. Строительные машины. Киев, «Вища школа», 1971.

Швиденко В. И. Монтаж строительных конструкций. Киев, «Будівельник», 1973.

Олимпий Олимпиевич Литвинов,
Семен Зиновьевич Альперович,
Георгий Максимович Батура,
Григорий Михайлович Гурковский,
Александр Михайлович Клиндух,
Юрий Афанасьевич Пищаленко,
Лазарь Михайлович Севериновский,
Николай Антонович Скрипник,
Георгий Леонидович Таукач,
Виталий Константинович Черненко

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Издание третье, переработанное

Под общей редакцией профессора
О. О. Литвинова

Киев, Головное издательство издательского объединения «Вища школа»

Редакторы *А. Л. Рожавина, Н. А. Логинова*
Художественное оформление *Г. М. Балюна*
Художественный редактор *И. Р. Ойхман*
Технический редактор *Т. И. Трофимова*
Корректор *Н. В. Гармаш*

Информ. бланк № 274

Сдано в набор 14.06.76. Подписано в печать 16.06.1977 г. Формат 70×100¹/₁₆. Бумага типографская № 1. 36,76 усл. печ. л. 41,3 уч.-изд. л. Тираж 36 000 экз. Изд. № 2818. БФ 07451. Зак. 6-294. Цена 1 руб. 98 коп.

Головное издательство издательского объединения «Вища школа»; 252054, Киев-54, Гоголевская, 7.

Книжная фабрика имени М. В. Фрунзе республиканского производственного объединения «Поліграфкнига» Госкомиздата УССР, Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8.

Цена 30 коп.