

# ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА



Б.Ф. БЕЛЕЦКИЙ

**Б.Ф. Белецкий**

**ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Допущено Министерством образования  
Российской Федерации в качестве учебника  
для студентов вузов, обучающихся по специальности «Водоснабжение и  
водоотведение» направления подготовки  
дипломированных специалистов «Строительство».

Москва

Издательство Ассоциации строительных вузов  
(Издательство АСВ) – 2001

ISBN 5-93093-109-7

**Белецкий Б.Ф. Технология строительного производства.** Учеб. для студ. вузов обуч. по направл. «Строительство», спец. №290800 «Водоснабжение и водоотведение». – Издательство АСВ, 2001 - 416 с.; ил.

**Рецензенты:** кафедра «Технологии строительного производства» Челябинского государственного технического университета (зав. каф., засл. деят. науки и техники РФ, д-р техн. наук, проф. С.Г. Головнев); д-р техн. наук, проф., член Петровской акад. наук и искусств, почет. член Росс. акад. архит. и строит. наук, член-корр. Междунар. и Российской инж. акад, засл. работник высш. шк. РФ В.А. Афанасьев (С. Петербургский гос. арх-стронт. ун-т).

В учебнике изложены основы производства общестроительных, монтажных и специальных работ, выполняемых при прокладке сетей и возведении сооружений современных систем водоснабжения и водоотведения, освещены вопросы прокладки напорных и безнапорных водоводов из металлических и неметаллических труб различных диаметров, включая траншейную и бестраншейную их прокладку, а также устройство переходов труб через разные преграды (надземные переходы, дюкеры). Рассмотрены особенности производства работ по возведению сооружений из монолитного и сборного железобетона, монтажу технологического оборудования, даны краткие сведения по организации строительно-монтажных работ.

ISBN 5-93093-109-7

Федеральная программа книгоиздания России

© Изд-во АСВ, 2001

© Белецкий Б.Ф., 2001

## Предисловие

Данный учебник написан в соответствии с требованиями нового образовательного стандарта Российской Федерации по дисциплине «Технология и механизация строительного производства» (в части технологии строительного производства) для студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности №290800 – «Водоснабжение и водоотведение».

Учебник состоит из двух основных разделов. В первом разделе приведены основные понятия и положения, принятые в технологии строительного производства; изложена технология производственных процессов общестроительных работ, в том числе земляных, по устройству оснований и фундаментов, свайных, бетонных и железобетонных, каменных, монтажных, отделочных, защитных, изоляционных и кровельных.

Во втором разделе учебника описана технология возведения сетей и сооружений современных систем водоснабжения и водоотведения. Рассмотрены основные положения строительства наружных сетей (трубопроводов), технология прокладки трубопроводов из неметаллических (керамических, асбестоцементных, бетонных, железобетонных, пластмассовых) и металлических (чугунных, стальных) труб разных диаметров. Должное внимание в разделе уделено специальным вопросам, в том числе бестраншейной прокладке труб под дорогами и другими преградами, монтажу надземных трубопроводов и прокладке дюкеров, испытанию и приемке напорных и самотечных трубопроводов. Учитывая профиль данного учебника, в разделе подробно излагается технология строительства основных сооружений систем водоснабжения и водоотведения, в том числе емкостных прямоугольных и круглых (цилиндрических) сооружений из сборного и монолитного железобетона, заглубленных колодцев водозаборов и насосных станций, водонапорных башен и градирей, коллекторов и т.п. В заключение согласно рекомендациям нового образовательного стандарта приведены краткие сведения об организации строительного монтажа работ (СМР), в том числе: подготовка к их производству, основы выполнения СМР поточными методами, календарное планирование, составление графиков производства работ, калькуляций трудовых затрат, технологических карт и карт трудовых процессов.

По всем видам работ, в соответствии с программой курса, приводятся краткие сведения об особенностях их производства в зимний период, а также требования к их качеству.

Методологической особенностью учебника является комплексное изложение вопросов технологии выполнения строительных процессов (работ) в увязке с организацией строительного производства.

В учебнике предметом рассмотрения являются не только сами строительные и монтажные процессы или работы, но и их комплексы, предназначенные для создания определенных видов строительной продукции – сооружений, трубопроводов, коллекторов, узлов технологического оборудования и т.п.

При написании учебника автором учтены новейшие достижения науки и техники в области технологии строительного производства, передовой опыт

строительных, проектных и научно-исследовательских организаций, научные труды и методические разработки ведущих специалистов, а также опыт автора по подготовке и изданию в 1986 г. вузовского учебника по данному курсу [3], учебника по организации СМР [4], учебника для техникумов [5] и других работ [6, 7, 8]. Следует отметить, что многие вопросы технологии и организации строительства сетей и сооружений систем водоснабжения и водоотведения получили свое отражение в трудах известных ученых и специалистов, среди которых: И.В. Бородин, А.П. Шальнов, И.Г. Яковлев, А.К. Перешивкин, В.И. Готовцев, А.Л. Филахтов, Г.М. Гурковский, Г.М. Басс, Г.П. Владыченко, П.К. Ширии, Э.Г. Годес, Е.В. Федосова, Ю.З. Салов, Г.В. Замятин и др. В свою очередь они базировались на разработках и предложениях ученых в области технологии и организации строительства: В.А. Афанасьева, А.А. Афанасьева, С.С. Атаева, Н.Г. Аммосова, Г.А. Айрапетова, М.С. Будникова, Е.И. Вареника, И.Г. Галкина, Н.Н. Данилова, Н.И. Евдокимова, Ю.М. Лейбфрейда, О.О. Литвинова, В.Н. Сизова, Н.А. Смирнова, А.В. Солини, В.И. Швиденко, Т.М. Штоля, Т.Н. Цая и др. Труды этих ученых также были учтены при подготовке данного учебника.

Место курса в системе изучаемых дисциплин, преемственность и связь с ним в значительной мере обуславливается тем, что инженеры-строители специальности «Водоснабжение и водоотведение», наряду со знаниями вопросов расчета и проектирования, а также эксплуатации систем и сооружений данных систем, должны также, согласно паспорту специальности, иметь необходимые знания и навыки по их строительству, испытанию и сдаче в эксплуатацию, причем в различных условиях практики.

Учебник предназначен для студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение», а также может быть полезен для работников специализированных строительных, проектных и эксплуатационных организаций.

Автор приносит благодарность коллективу кафедры «Технологии строительного производства» Челябинского государственного технического университета (зав. кафедрой – д-р техн. наук, проф. С.Г. Головинов) и д-ру техн. наук, проф. В.А. Афанасьеву (С. Петербургский государственный архитектурно-строительный университет) за ценные замечания, советы и предложения, способствовавшие улучшению качества учебника.

Автор

## РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

### ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

#### Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

##### 1.1. Структура строительного производства

Капитальное строительство является одной из важнейших отраслей материального производства. К капитальному строительству относятся новое строительство, расширение, реконструкция и техническое перевооружение действующих предприятий, зданий и сооружений.

Одной из систем капитального строительства является строительное производство – совокупность производственных процессов, осуществляемых непосредственно на строительной площадке, включая строительномонтажные и специальные процессы в подготовительный и основной периоды строительства.

Конечным результатом выполнения совокупности производственных процессов является строительная продукция, под которой подразумевают отдельные части строящихся объектов, а также законченные здания и сооружения.

Строительное производство объединяет две подсистемы: технологию и организацию строительного производства, каждая из которых имеет свою сущность и научные основы.

Технология – это совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы, сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства строительной продукции. Задача технологии как науки – выявление физических, химических, механических и других закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов.

**Технология строительного производства**, в свою очередь, является объединением двух подсистем: технологии строительных процессов и технологии возведения зданий и сооружений.

*Технология строительных процессов* определяет теоретические основы, методы и способы выполнения строительных процессов, обеспечивающих обработку строительных материалов, полуфабрикатов и конструкций с качественным изменением их состояния, физико-механических свойств, геометрических размеров с целью получения продукции заданного качества. При этом понятие «метод» включает в себя принципы выполнения строительных процессов, базирующихся на различных способах воздействия (физических, химических и др.) на предметы труда (строительные материа-

лы, полуфабрикаты, конструкции и др.) с использованием орудий труда (строительные машины, средства малой механизации, монтажные оснастки, различные приспособления, оборудование, аппараты, ручной и механизированный инструмент и др.).

Технология возведения зданий и сооружений определяет теоретические основы и регламенты практической реализации выполнения отдельных видов строительных, монтажных и специальных работ, их взаимосвязки в пространстве и времени с целью получения готовой продукции в виде зданий и сооружений.

Строительное производство существенно отличается от заводского или промышленного производства, в силу чего оно имеет ряд особенностей.

Особенностью строительного производства является, в частности, то, что его продукция, как правило, неподвижна, а рабочие и орудия труда (машины, механизмы) перемещаются по мере завершения работ с одного участка или объекта на другой. Кроме того, существенной особенностью строительного производства является также выполнение работ на строящихся объектах под открытым небом, т.е. при непосредственном воздействии на работающих, строительные материалы, машины и механизмы погодных и климатических условий.

## **1.2. Особенности строительства сооружений водоснабжения и водоотведения**

При устройстве современных систем водоснабжения и водоотведения городов, населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий почти всегда необходимо строить специальные водозаборные сооружения для забора поверхностных вод из рек и водоемов или добычи подземных артезианских вод. Строительство таких сооружений связано с необходимостью устройства заглубленных железобетонных колодцев, береговых или русловых водозаборов, часто совмещенных с насосными станциями I-го подъема (НС-I), предназначенных для подачи воды потребителям или на специальные водоочистные станции (ВДС). Технология строительства таких заглубленных водозаборных сооружений, часто в водонасыщенных и неустойчивых грунтах или даже в пределах водоемов, довольно трудоемкая, сложная и специфичная, требующая применения специальных методов работ.

Особенностью строительства данных водозаборных сооружений является, в частности, необходимость устройства довольно крупных и глубоких железобетонных колодцев с использованием специальных опускных методов или методов «стена в грунте». Расположение их вблизи водоемов вынуждает принимать меры по борьбе с подземными водами, т.е. «осушению» котлованов с использованием систем водоотлива, водопонижения и замораживания грунтов. При возведении подобных сооружений из моно-



литного или сборного железобетона приходится выполнять в больших объемах опалубочные, арматурные и бетонные работы, причем иногда под водой, а также земляные работы, иногда с применением средств гидромеханизации. На данных водозаборных сооружениях, особенно в случаях их совмещения с насосными станциями I подъема, выполняются работы по монтажу технологического оборудования.

Для подачи воды потребителям или на водоочистные сооружения прокладываются напорные водоводы из металлических или неметаллических труб больших диаметров, что сопряжено с необходимостью рытья для них траншей, иногда с укреплением их стенок, а также с прокладкой труб сваркой или заделкой стыков, их испытанием и обратной засыпкой. По ходу прокладки таких трубопроводов от водоочистных сооружений непосредственно к водопотребителям в населенных пунктах встречаются различные преграды – дороги, овраги, реки, каналы, в местах которых требуется устраивать переходы либо под трубами, используя прокол, продавливание, горизонтальное бурение или шитовую проходку, либо по дну оврагов и речных преград – в виде дюкеров, либо над преградами, устраивая подвесные, висячие или самонесущие арочные переходы труб. Эти работы довольно сложны и специфичны.

Особой спецификой отличаются также работы по строительству комплексов сооружений водоочистных станций (ВДС) по очистке питьевой воды, включающих осветлители, фильтры, отстойники, резервуары и др., а также сооружений канализационных очистных станций (КОС), включающих первичные и вторичные радиальные отстойники, аэротенки, биофильтры и др., предназначенные для очистки и обезвреживания сточных вод. Указанные емкости – монолитные или сборные железобетонные сооружения прямоугольной круглой (цилиндрической) формы являются, по существу, гидротехническими сооружениями, вследствие чего к ним предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости, морозо- и водостойкости. Однако обеспечить это на практике, особенно при монтаже емкостных сооружений из сборных элементов (панелей) со стыками на сварке закладных деталей трудно, так как при общей сравнительно небольшой толщине стен сооружений они имеют достаточно большую глубину их заложения в землю. Кроме того, жесткие требования строительных норм и правил (СНиП) относительной допускаемой утечки воды также усугубляют задачу качественного устройства данных емкостных сооружений.

Для подачи сточных вод от населенных мест на очистные сооружения (КОС) устраивают коллекторы из сборных элементов, монолитного железобетона или труб больших диаметров. С помощью таких коллекторов сточные воды поступают на канализационную насосную станцию (КНС), которая подает их на очистные сооружения. Данные коллекторы в ряде случаев достигают больших размеров и заглубления (иногда до 60,0 м и более), что требует для их устройства применения особых методов их устройства, в том числе шитовой проходки, наподобие тоннелей метрополитенов.



Перечисленные и другие специфические особенности строительства водопроводов, коллекторов и сооружений систем водоснабжения и водоотведения требуют особого подхода к производству строительных работ, применения особых технологий и методов их выполнения, причем часто в условиях водонасыщенных и неустойчивых грунтов.

### 1.3. Строительные процессы и работы

Строительные процессы условно принято подразделять на две группы: материальные и информационные.

*Материальные процессы* охватывают все действия, направленные на материальные предметы производства изменением их состояния, что приводит к созданию продукции.

К *информационным процессам* относятся все действия, совершаемые с идеальными предметами (цифры, информация и т.п.).

Результаты информационных процессов служат основой для выполнения материальных процессов, особенно для их проектирования, принятия решений, подготовки, управления и др.

Основой технологии строительного производства являются материальные процессы, которые называют строительными процессами или процессами строительного производства. В строительных процессах участвуют рабочие (труд), используются технические средства (орудия труда), с помощью которых из материальных элементов (предметов труда) создается строительная продукция.

Строительные процессы характеризуются *многофакторностью и специфическими особенностями*, что вызывается *стационарностью* строительной продукции – при выполнении строительных процессов рабочие и технические средства перемещаются, а возводимые здания и сооружения остаются неподвижны.

Данные особенности в каждом конкретном случае требуют установления технологически правильных и эффективных методов выполнения строительных процессов, их организационных форм и взаимосвязки в пространстве и времени, способных обеспечить качество и экономичность строительной продукции.

Строительные процессы по своему содержанию в технологическом отношении представляют совокупность двух аспектов. Первый определяет особенности, происходящие с материальными элементами в пространстве и времени без изменения их физико-механических свойств, а именно: транспортирование, укладку, сборку, стыковку и др. Второй аспект определяет физико-химические превращения, например, при твердении бетона изменяющиеся конечные свойства материальных элементов, а именно: прочность, плотность, напряженность, теплопроводность, водонепроницаемость и др.

В современном индустриальном строительстве технологические процессы строительного производства классифицируют на две группы – *внеплощадочные процессы и процессы, производимые на строительной площадке.*

Основой классификации процессов строительного производства является подразделение их по технологическим признакам на заготовительные, транспортные, подготовительные и монтажно-укладочные.

**Заготовительные процессы** обеспечивают строящийся объект полуфабрикатами, деталями и изделиями. Эти процессы выполняют обычно на специализированных предприятиях (заводах сборного железобетона, заводах товарного бетона, трубосварочных базах – ТСБ и др.), но также и в условиях строительной площадки (приобъектные бетоно-растворные узлы, приобъектные арматурные, трубосварочные, трубоизоляционные цехи и др.).

**Транспортные процессы** обеспечивают доставку материальных элементов и технических средств строительных процессов к местам возведения сооружений или прокладки водоводов. Транспортным процессам обычно сопутствуют процессы погрузки-разгрузки и складирования.

**Подготовительные процессы** предшествуют выполнению монтажно-укладочных процессов и обеспечивают их эффективное выполнение (например, укрупнительная перед монтажом сборка конструкций, труб, предварительное перед монтажом обустройство монтируемых конструкций, трубных секций, вспомогательными приспособлениями и др.).

**Монтажно-укладочные процессы** обеспечивают получение продукции строительного производства и заключаются в переработке, изменении формы или придании новых качеств материальным элементам строительных процессов. Обычно идентичные монтажно-укладочные процессы имеют общие технологические особенности и поэтому не зависят в главном от вида и характера конкретных возводимых зданий и сооружений. Эти процессы непосредственно создают готовую строительную продукцию.

Монтажно-укладочные процессы характеризуются по ряду признаков. По значению в производстве процессы могут быть ведущими и совмещенными. *Ведущие процессы* определяют развитие и выполнение строительства объекта. *Совмещенные процессы* технологически непосредственно не связаны с ведущими процессами и могут осуществляться параллельно с ними.

Процессы классифицируются по степени участия машин и средств механизации при их исполнении. *Механизированные процессы* выполняются с помощью машин. Рабочие здесь лишь управляют машинами и обслуживают их. *Полумеханизированные процессы* характеризуются тем, что в их наряду с применением машин используется ручной труд. *Ручные процессы* выполняются вручную с помощью инструментов.

В зависимости от сложности производства трудовые процессы могут быть простыми и комплексными. *Простой трудовой процесс* представляет собой совокупность технологически связанных *рабочих операций*, обеспечивающих получение законченной продукции и выполняемых группой согласованно работающих исполнителей одной специальности, но разной квалификации (звено, специализированная бригада). Каждая рабочая операция состоит из *рабочих приемов*, которые, в свою очередь, состоят из *рабочих движений*.

*Комплексный трудовой процесс* представляет собой совокупность одновременно осуществляемых рабочих процессов, находящихся во взаимной организационной и технологической зависимости и связанных единством конечной продукции. Комплексный трудовой процесс, как правило, выполняется группой согласованно работающих исполнителей различных специальностей и разной квалификации (комплексной бригадой).

Совокупность строительных процессов, результатом выполнения которых является конечная (в виде частей или конструктивных элементов зданий и сооружений) продукция, представляет собой строительные работы. Отдельные виды строительных работ получили свое наименование или по виду перерабатываемых материалов, или по конструктивным элементам, которые являются продукцией данного вида работ. По первому признаку различают земляные, каменные, бетонные и другие работы; по второму — кровельные, изоляционные и др.

Под **монтажными работами** подразумевают совокупность производственных операций по установке в проектное положение и соединению в одно целое элементов строительных конструкций, деталей трубопроводов, узлов технологического оборудования. Монтажные работы включают в себя монтаж строительных конструкций (металлических, железобетонных и деревянных); монтаж санитарно-технических систем (водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции и др.); монтаж электротехнических устройств; монтаж технологического оборудования.

**Земляные, бетонные, железобетонные, каменные, отделочные и другие работы, а также монтаж строительных конструкций** относятся к общестроительным работам. Монтаж санитарно-технического оборудования, прокладка наружных трубопроводов, электромонтажные и другие работы, выполняемые преимущественно специализированными организациями, относятся к специальным работам.

При возведении зданий и сооружений принято группировать работы по стадиям, которые называются циклами. После окончания подготовительного периода строительства осуществляются работы *первой стадии* — подземного или нулевого цикла. В состав работ этой стадии, как правило, входят: земляные работы (рытье котлованов, устройство фундаментов и обратная засыпка грунта с уплотнением); бетонные и железобетонные работы (устройство фундаментов, бетонной подготовки и отмостки); монтаж стро-

ительных конструкций (колонн, панелей стен подвала); гидроизоляционные работы (гидроизоляция пола и стен подвала).

На *второй стадии* (при надземном цикле) обычно выполняют: монтаж сборных или возведение монолитных строительных конструкций; панелей наружных и внутренних стен, оконных блоков и зенитных фонарей; кровельные работы; столярные работы (навеску ворот и дверей); санитарно-технические работы (установку коробов вентиляционных систем).

В период *третьей, заключительной, стадии*, которую называют отделочным циклом, выполняют отделочные работы (окраска стен, потолков, колонн и ферм, окон и дверей); устройство полов; внутренние санитарно-технические и электротехнические работы; монтаж технологического оборудования и относящихся к нему вентиляционных устройств.

Организационно-строительные работы обычно выполняют подрядным или хозяйственным способом. При *подрядном* способе работы выполняют постоянно действующие строительные организации по договорам с заказчиками. Иногда работы выполняются силами и средствами действующего или строящегося предприятия, т.е. *хозяйственным* способом. При этом на период строительства создается свое строительное подразделение.

#### **1.4. Строительные рабочие, их профессии и квалификация.**

##### **Организация труда строительных рабочих**

Для выполнения любых строительных процессов требуются материально-технические и трудовые ресурсы. К первым относятся строительные материалы, конструкции и детали, строительные машины, механизмы, инвентарь, приспособления и инструменты, а ко вторым – строительные рабочие различных профессий и квалификации, а также машинисты строительных машин и механизмов. Кроме них в строительном производстве принимают участие звеньевые и бригадиры, назначаемые из числа наиболее квалифицированных рабочих, а также инженерно-технические работники (ИТР) – мастера, производители работ, начальники участков, инженерно-технический персонал подготовки и управления строительным производством.

**Профессия** строительных рабочих определяется видом и характером выполняемых ими работ (например, бетонные работы выполняют бетонщики, монтажные – монтажники, на укладке труб заняты монтажники трубопроводов). В связи с расширением индустриализации строительства ведущее место среди строительных профессий занимают монтажники и машинисты кранов. Для выполнения нескольких видов работ рабочие овладевают смежными профессиями. На строительстве в большинстве случаев требуются рабочие не только разных профессий, но и различных специальностей.

**Специальность** рабочего определяется более узкой специализацией по данному виду выполняемых работ. Например, рабочие, занятые на обслуживании машин, имеют профессию машиниста, однако каждый из них имеет свою специальность – машинист башенного крана, экскаватора, крана-трубоукладчика и т.д. Монтажники могут специализироваться по монтажу металлических, железобетонных конструкций, трубопроводов, технологического оборудования.

**Квалификация** рабочих одной и той же специальности или профессии определяется наличием знаний и навыков для выполнения работы определенной сложности в установленный срок при соблюдении требований к качеству продукции.

**Номенклатура профессий, специальностей и квалификаций** строительных рабочих устанавливается «Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих, занятых в строительстве и на ремонтно-строительных работах» (ЕТКС).

Показателем квалификации рабочего является разряд, устанавливаемый в соответствии с тарифно-квалификационными характеристиками, приведенными для каждой профессии и каждого разряда в Едином тарифно-квалификационном справочнике. В соответствии со сложностью выполняемых строительных процессов (работ) для рабочих основных профессий установлено шесть квалификационных разрядов. Рабочему разряд присваивает квалификационная комиссия, которая руководствуется тарифно-квалификационными требованиями к выполняемой работе.

Квалифицированных рабочих для строительных и монтажных организаций готовят главным образом в профессионально-технических училищах (с отрывом от производства), а также путем обучения и повышения квалификации на стройках и в учебных комбинатах.

**Формы организации труда** в строительстве могут быть различными; они зависят от применяемых конструкций, методов работы, машин, установок и других средств производства. Важную роль в повышении производительности труда рабочих играет широко применяемый в настоящее время **расчлененный пооперационный принцип** выполнения строительных и монтажных работ. Сущность его состоит в том, что строительный процесс для удобства производства работ расчленяется на ряд однородных операций, выполнение которых поручается звеньям рабочих соответствующей квалификации.

**Звеном** называется группа из нескольких рабочих разной квалификации, число которых должно соответствовать виду и характеру выполняемых работ. Состав звеньев принимают исходя из передового опыта организаций строительства подобных объектов или в соответствии с рекомендациями «Единых норм и расценок на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы» (ЕНиР).

**Бригада** – это подразделение, состоящее из нескольких звеньев рабочих, совместно выполняющих отдельные рабочие операции для создания единой строительной продукции.

Бригада состоит из большего числа рабочих, чем звено, или из нескольких звеньев. Количественный и квалификационный составы звеньев и бригад устанавливаются в зависимости от объема работ и сложности процессов. Наиболее распространены в строительстве специализированные и комплексные бригады.

**Специализированной бригадой** называется сочетание определенных звеньев рабочих одной профессии (25 ... 30 чел.), выполняющих работы одного вида, например каменную кладку, малярные работы и т.д.

**Комплексные бригады**, объединяющие 50 ... 60 рабочих различных профессий и специальностей, выполняют комплексные процессы. Например, в состав комплексной бригады, возводящей сборные железобетонные резервуары и другие сооружения, входят монтажники, сварщики, бетонщики, отделочники, изоляционщики, а также крановщики, обслуживающие грузоподъемные краны. Бригадир комплексной бригады назначается из числа наиболее квалифицированных рабочих (не ниже VI разряда) ведущей специальности.

**Комплексная бригада конечной продукции** является бригадой широкого профиля, выполняющей весь комплекс строительных работ на объекте, обеспечивающей в конечном счете выход готовой (конечной) строительной продукции.

**Рабочим местом** называется пространство или площадка (участок) на строящемся объекте, в пределах которого перемещаются участвующие в строительном процессе рабочие и размещаются предметы, орудия труда и выполненная часть строительной продукции. Рабочее место должно быть удобным для расположения средств производства и беспрепятственного осуществления трудовых приемов и движений, а также обеспечивать безопасность исполнителей. Бригадам, выполняющим строительные работы, выделяется фронт работ и рабочая зона.

**Фронт работ** – это пространство на строящемся объекте, занимаемое бригадой вместе с механизмами, приспособлениями и материалами, необходимыми для обеспечения при выполнении строительных работ наивысшей производительности труда.

**Рабочая зона** – это часть фронта работ, на которой непосредственно осуществляются строительные-монтажные работы и размещаются необходимые для этого материалы, готовые конструкции и изделия, машины и приспособления.

Участок, выделяемый одному рабочему или звену, называется **делянкой**, а участок, который выделяют бригаде, – **захваткой**. Размеры деланки и захватки должны назначаться с таким расчетом, чтобы были обеспечены фронт работ и необходимые условия для высокопроизводительного и бе-

зопасного выполнения заданий звеном или бригадой в течение определенного интервала времени (рабочего дня, смены или полусмены). По мере возведения здания или сооружения с помощью подмостей или лесов изменяют уровень рабочего места. С этой целью возводимые объекты разбивают на **ярусы**, в пределах которых здание или сооружение может возводиться с одного уровня рабочего места, т.е. без подмачивания.

### **1.5. Производительность труда рабочих и пути ее повышения**

**Производительность труда** является важнейшим показателем, служащим основным критерием для оценки трудовой деятельности строителей. Показателем производительности труда служит величина затрат рабочего времени на единицу продукции или количество продукции, выработанное в единицу времени. Чем меньше затраты времени рабочего на единицу продукции или чем больше его выработка в единицу времени, тем выше производительность труда.

В строительстве производительность труда рабочих определяется их **выработкой**, т.е. количеством строительной продукции, выпущенной за единицу времени (за 1 час или смену). Уровень производительности труда определяют путем сравнения фактической выработки с нормативной или плановой и выражают в процентах. Его можно также определять по затратам рабочего времени на единицу продукции, которые устанавливаются официальными нормами (ЕНиР).

Затраты рабочего времени на единицу продукции определяют трудоемкостью работ, которая является одним из основных показателей для оценки производительности труда.

**Повышение производительности труда** в строительном производстве зависит от многих факторов, в том числе от степени его механизации, применения передовых методов труда и совершенствования общей системы организации строительства. Одним из путей повышения производительности труда в строительстве является механизация строительных работ, но наибольший эффект достигается при их комплексной механизации.

**Комплексная механизация** — это такой способ механизированного производства работ, при котором все основные и вспомогательные технологические процессы и операции выполняются комплектами машин и механизмов.

Об уровне механизации работ в строительстве судят по нескольким показателям, основными из которых являются объемный показатель по видам работ и показатель энерговооруженности рабочих.

**Объемный показатель механизации** определяют отношением объема механизированных работ к общему объему этих работ и выражают в процентах.

**Показатель энерговооруженности рабочих** определяют отношением суммарной мощности двигателей всех используемых в строительстве



машин, установок и механизмов  $M$  (кВт) к числу рабочих, занятых на данном строительстве  $N$  (чел.):

$$K_{ЭН} = M / N.$$

Современное строительное производство и непрерывное повышение производительности труда невозможно без применения научной его организации.

**Научная организация труда (НОТ)** предусматривает постоянное совершенствование процессов труда на основе достижений науки и практики. Одной из непосредственных задач НОТ является организация высокопроизводительного труда на каждом рабочем месте на основе своевременной подготовки производства, правильной организации рабочих мест и труда на них. Внедрению НОТ способствуют также карты трудовых процессов (КТП), в которых регламентируются для каждого трудового процесса состав исполнителей, номенклатура механизмов, условия и подготовка процесса, его технология и организация, приемы труда.

*Формирование бригад и звеньев* на основе расчета численности и подбора профессионально-квалификационного состава рабочих имеет важнейшее значение для выполнения в срок производственных заданий, повышения производительности труда, обеспечения высокого качества продукции и правильной оплаты труда рабочих.

При правильном формировании бригад и звеньев обеспечивают эффективное использование по профессии и квалификации каждого рабочего, одинаковая загруженность всех рабочих, рациональное совмещение профессий и максимальное использование обслуживающих машин.

*Передовые методы труда* являются одним из резервов повышения производительности труда в строительстве. Внедрение передовых приемов и методов труда по сравнению с традиционными обеспечивает рост выработки порядка 20 ... 25%.

*Организация и обслуживание рабочих мест* предусматривает необходимые условия и мероприятия, гарантирующие безопасность работающих. Рабочие места должны быть организованы таким образом, чтобы рабочие, занятые на основных работах, не отвлекались выполнением вспомогательных работ не по своей профессии и квалификации. Производительная работа обеспечивается также рациональным набором ручного и механизированного инструмента, инвентаря, монтажной оснастки и приспособлений, скомплектованных в соответствии с технологией работ и составом исполнителей в нормоконспект оснащения бригады (звена).

*Условия труда* должны способствовать высокой работоспособности рабочих при одновременном сохранении их здоровья. Эти требования обеспечиваются соблюдением рациональных режимов труда и отдыха, проведением мероприятий по снижению отрицательных влияний на организм работающих вредных факторов и воздействий (шума, вибрации, запыленности, загазованности), снабжением необходимой спецодеждой и обувью.

средствами индивидуальной защиты, организацией санитарно-бытового обслуживания.

*Совершенствование нормирования труда рабочих* осуществляется на основе систематической разработки и внедрения технически обоснованных норм, отвечающих достигнутому в строительстве уровню техники и технологии и отражающих опыт передовых рабочих и коллективов строительных организаций.

*Прогрессивные формы и системы оплаты труда* должны создавать материальную заинтересованность рабочих в повышении производительности труда, улучшении качества и сокращении сроков выполнения работ.

*Повышение квалификации рабочих* является важнейшим условием дальнейшего совершенствования технологии строительно-монтажных работ и повышения производительности труда.

### 1.6. Техническое и тарифное нормирование

**Техническое нормирование** заключается в установлении технически обоснованных норм затрат труда и материальных ресурсов на единицу строительной продукции. Нормы затрат труда, характеризующие в общем случае также производительность труда, выражаются показателями нормы времени и нормы выработки.

**Нормой времени** называется количество рабочего времени, необходимого для изготовления единицы доброкачественной продукции рабочим соответствующей профессии, специальности и квалификации в условиях правильной организации производства работ и применения современных методов труда.

**Нормой выработки** называется количество доброкачественной продукции, которое должен выработать рабочий соответствующей профессии, специальности и квалификации в условиях правильной организации производства и труда за единицу времени (смену). Норма выработки фактически является величиной, обратной норме времени, т.е.

$$N_{\text{выр}} = 1/H_{\text{вр}}$$

где  $N_{\text{выр}}$  – норма выработки в единицах продукции;  $H_{\text{вр}}$  – норма времени в единицах времени на одного работающего (по ЕНиР).

Уровень производительности труда в зависимости от норм времени и выработки (%)

$$У_{п.т.} = \frac{T_n}{T_{\phi}} 100\%$$

где  $T_n$  – нормативное время для выполнения данного объема работы;  $T_{\phi}$  – фактически затраченное время.

По количеству продукции  $P_n$ , которая должна быть получена за единицу времени, и по фактически выполненной продукции  $P_{\phi}$ :

$$y_{н.т} = \frac{П_{\phi}}{П_{н}} \cdot 100\%.$$

Норма выработки машины  $H_{\text{выр.м}}$  (в единицах продукции) связана с нормой машинного времени  $H_{\text{вр.м}}$  (в единицах времени) зависимостью

$$H_{\text{выр.м}} = 1 / H_{\text{вр.м}}$$

Нормы времени бывают нескольких видов. Если норму времени устанавливают на какую-либо одну производственную операцию, например, на подготовку поверхности под штукатурку, то такие нормы называются *элементарными*. Норма, объединяющая ряд операций, составляющих один производственный процесс, является *укрупненной*, а норма, охватывающая комплекс производственных процессов, – *комплексной*.

Технические нормы используют при разработки документации по производству работ и оценке эффективности принятых технологических решений.

Технически обоснованные нормы получают путем периодически проводимых хронометражных наблюдений за строительными процессами и рабочими операциями, их анализа и сравнения при учете опыта работы передовых рабочих и прогрессивных технических тенденций в строительстве. ЕНиР содержат нормы времени, нормы выработки и расценки практически на все строительные и монтажные работы (66000 норм). Для технического нормирования труда используют также ВНиР – ведомственные нормы, учитывающие специфику строительных работ, выполняемых в данном ведомстве или отрасли, и МНиР – местные нормы, разрабатываемые различными строительными организациями или их нормативно-исследовательскими станциями (НИС) и отражающие особенности производства работ в данном районе строительства.

**Тарифное нормирование** производится главным образом для установления на основе тарифной сетки обоснованного размера заработной платы (тарифной ставки) строительных рабочих в зависимости от их квалификации, объема и особенностей выполняемой ими работы. Применяемая в строительстве тарифная система позволяет установить оплату труда, т.е. дифференцировать ее в зависимости от сложности и трудности выполняемой работы. В тарифной сетке каждому из шести разрядов установлен тарифный коэффициент, показывающий, во сколько раз ставка рабочего высшего VI разряда превышает ставку рабочего I разряда. Это позволяет установить тарифную ставку, определяющую часовую или сменную заработную плату рабочего для каждого разряда.

В России действует принцип распределения заработной платы – по труду в соответствии с его количеством и качеством. Это создает материальную заинтересованность каждого рабочего и является важным стимулом

повышения производительности труда и роста производства, а также обеспечивает повышение квалификации рабочих и совершенствование техники производства.

Установление уровня оплаты труда строительных рабочих производится средствами и способами *тарифного нормирования* – оценкой качества труда, количество которого определяется по техническим нормам. На основе тарифного нормирования в строительстве действует *тарифная система*, основными элементами которой является тарифная сетка и тарифные ставки.

**Тарифная сетка** представляет собой шкалу, устанавливающую соотношение в уровне заработной платы между рабочими различной квалификации. Каждому разряду присвоен определенный тарифный коэффициент, характеризующий уровень мастерства (квалификации) рабочих. В настоящее время в строительстве действует шестиразрядная сетка (табл. 1.1).

Таблица 1.1

### Строительные разряды и тарифные коэффициенты

Разряды	1	2	3	4	5	6
Коэффициенты	1	1,08	1,19	1,34	1,54	1,8

**Тарифные ставки** определяют размер заработной платы рабочего, которая полагается ему за выполнение установленных производственных норм, соответствующих его разряду. Тарифные ставки могут быть часовые, дневные и месячные.

На основе норм времени и тарифных ставок устанавливают расценки для оплаты труда строительных рабочих.

### 1.7. Формы оплаты труда строительных рабочих

**Формы оплаты труда в строительстве** зависят от вида и характера выполняемых работ, а также возможности их учета и оценки по затрачиваемому времени или в фактических единицах объема получаемой строительной продукции. Применяются две основные формы оплаты труда – повременная и сдельная. **Повременная оплата** предусматривает начисление заработной платы за фактически отработанное время по действующим тарифным ставкам в зависимости от присвоенного ему разряда. Ее применяют в тех случаях, когда в ЕНиРе отсутствуют расценки на данный вид работы или затруднен ее учет. **Сдельная оплата** предусматривает выплату рабочему заработной платы за фактически выполненный объем работ по установленным расценкам за единицу продукции. Оплата труда рабочих специализированных и комплексных бригад осуществляется за весь выполненный объем работ с персональным распределением заработка согласно фак-

тически отработанному ими времени и тарифному разряду. По сдельной форме оплаты работает 85% всех рабочих; занятых в строительстве. Эта форма имеет следующие разновидности: прямая сдельная, аккордная, сдельно-премиальная (аккордно-премиальная). Кроме указанных форм оплаты труда в качестве эксперимента применяют *безтарифную систему* оплаты труда, при которой заработную плату строительным подразделениям исчисляют от стоимости выполненных работ.

### 1.8. Строительные нормы и правила – СНиП

Основным нормативным документом, регламентирующим строительство, являются «Строительные нормы и правила» (СНиП). СНиПы утверждаются Государственным комитетом по делам строительства (Госстроем) и являются обязательным документом для всех проектных, строительных и монтажных организаций, а также ведомств, осуществляющих производство и приемку строительных работ.

СНиП состоит из пяти частей: I – Общие положения; II – Нормы проектирования; III – Правила производства и приемки работ; IV – Сметные нормы и правила (с приложением сборников сметных норм); V – Нормы затрат материальных и трудовых ресурсов. Каждая часть СНиП подразделяется на отдельные главы.

Регламентация правил технологии и организации строительного производства приведена в третьей части строительных норм и правил, содержащей все необходимые указания и требования к выполнению строительного-монтажных работ, безопасному ведению и их приемке, контролю качества строительной продукции.

Строительные нормы и правила являются обязательными для всех проектных, строительных и монтажных организаций, предприятий промышленности строительных материалов и конструкций независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, а также для ведомств, осуществляющих приемку строительных работ.

Ведомства и министерства в дополнении к СНиПу выпускают инструкции и указания, учитывающие особенности выполнения строительных процессов в тех или иных местных условиях.

Строительные нормы и правила по мере повышения технического уровня строительства и освоения передового опыта строительного производства периодически пересматривают и обновляют.

### 1.9. Требования к качеству строительного-монтажных работ

Качество строительной продукции – основной фактор, влияющий на экономичность и рентабельность законченного строительством объекта, обеспечивающий его надежность и долговечность.

В обобщающем случае качество строительной продукции в виде законченных строительных объектов (или их частей) определяется качеством производства строительного-монтажных работ.

**Качество производства строительного-монтажных работ** регламентируется СНиПом (ч. III), устанавливающим состав и порядок контроля, оформление скрытых работ, правила окончательной приемки работ и т.д., направленные на обеспечение высокого качества строительной продукции.

Скрытые работы – это такие работы, которые в дальнейшем становятся недоступными для визуальной оценки. К числу скрытых работ, например, относятся фундаменты, основания; гидроизоляция поверхности стен ниже отметки планировки; установленные арматура и закладные детали железобетонных конструкций и др. Скрытые работы оформляются актами по установленной форме.

**Дефекты** при производстве работ по их последствиям могут быть условно разбиты на следующие группы:

Отступления от требований по отделке поверхностей, приводящие к неряшливому виду фасадов зданий, интерьеров, внешнего оформления инженерных сооружений и т.д.

Недостатки, ухудшающие эксплуатационные качества зданий и сооружений, приводящие к нарушению нормальных условий труда и отдыха, повышению затрат энергетических ресурсов для обслуживания, досрочным дорогостоящим ремонтам и т.д.; деформации конструкций, которые могут привести к аварийному состоянию зданий и сооружений; несоблюдение линейных размеров зданий и сооружений, а также их отдельных частей (допустимые отклонения в размерах устанавливают СНиПом в виде допусков).

Основными причинами низкого качества строительного-монтажных работ являются: отступление от проектной технологии; применение устаревших машин и несовершенного инструмента; отсутствие должного контроля со стороны ИТР и др.

Иногда дефекты возникают из-за неправильно выполненной разбивки зданий и сооружений в осях и по высоте, неудовлетворительного уплотнения грунта в насыпях и засыпках, неправильной установки арматуры при выполнении железобетонных работ, неправильного ведения сварочных работ и т.д.

В современных условиях контроль качества выполняют визуальным осмотром, натурным измерением линейных размеров, натурным методом испытаний, механическим или разрушающим (деструктивным), и физическим или неразрушающим (адеструктивным) методом.

**Визуальный осмотр** применяют для установки качества выполнения тех конструкций, узлов, частей зданий и сооружений, которые доступны для обозрения.

**Соблюдение линейных размеров** зданий и сооружений, а также их отдельных частей является очень важным показателем качества строительных конструкций.

Фактические размеры доброкачественных строительных конструкций не должны выходить за пределы, установленные СНиПом (ч. III). Допуски бывают положительными, отрицательными и знакопеременными. Положительные допуски указывают на то, что соответствующие фактические размеры могут быть больше проектных, но до установленного предела. При отрицательных, наоборот, фактические значения не могут их превышать. При знакопеременных допусках фактические размеры должны быть в интервале между наибольшим и наименьшим допустимыми отклонениями.

**Механический или разрушающий (деструктивный) метод** применяют для определения технического состояния конструкций. Этот метод дает возможность установить прочностные, влажностные, деформативные и другие характеристики составляющих конструкций материалов. Для этого на различных стадиях производства работ отбирают контрольные образцы. Результаты лабораторных испытаний таких образцов позволяют получить обоснованные выводы о качестве частей зданий и сооружений.

**Натурный метод испытаний** конструкций зданий и сооружений выполняют посредством инструментального замера возникающих в конструкциях фактических напряжений (изучается в курсе «Испытание сооружений»).

**Физический или неразрушающий (адеструктивный) метод испытаний** применяют для определения основных характеристик физико-механических свойств материалов конструкций. Метод позволяет, не причиняя повреждений исследуемой конструкции, быстро получить точные результаты.

Физические методы контроля качества базируются на импульсном и радиационном способах.

Обеспечение качества строительного-монтажных работ достигается систематическим контролем выполнения каждого производственного процесса. С позиций организации контроль качества подразделяется на внутренних и внешний контроль.

**Внутренний контроль** осуществляет административно-технический персонал строительной организации; **внешний контроль** - заказчик, по заказу которого выполняется строительство, и проектная организация.

Внутренний (оперативный) контроль ведется в процессе производства строительного-монтажных работ. Это является обязанностью производителей работ, мастеров и бригадиров.

Заказчик выполняет **технический надзор**. Контролирующие функции возлагаются в этом случае на специально назначенное заказчиком лицо (или группу лиц), которое следит за соблюдением строителями сроков работ, обеспечением качества работ, проверяет объем выполняемых работ.

Проектная организация осуществляет так называемый **авторский надзор** и является основной инстанцией, контролирующей соблюдение строителями проектных решений и качество выполнения строительного-монтажных работ.



Все замечания, которые заказчик считает необходимым сделать, фиксируются в журнале. В специальном разделе журнала устанавливаются мероприятия по устранению обнаруженных дефектов с указанием сроков их устранения.

Авторский надзор имеет право приостановить строительство при обнаружении отклонений от проекта, дефектов в выполненных работах. Возобновление работ возможно только после полного устранения всех обнаруженных дефектов.

Важно, чтобы отступления от проектов и СНиПа, допущенные строителями в ущерб качеству, выявлялись и устранялись своевременно, а не на той стадии, когда устранение недостатков требует больших затрат труда и материальных ресурсов.

### **1.10. Основные положения по охране труда и противопожарной защите в строительстве**

Охрана труда в строительстве представляет собой систему взаимосвязанных мероприятий, направленных на создание безопасных условий для выполнения строительных и монтажных работ. Эти мероприятия направлены на профилактику (предупреждение) травматизма, профессиональных заболеваний, улучшение условий труда и др.

Нормы и правила техники безопасности приведены в СНиП «Техника безопасности в строительстве». Инженерно-технические работники, бригадир и рабочие должны знать и строго соблюдать указания по технике безопасности и производственной санитарии, направленные на охрану труда. Создание безопасных условий труда в строительстве во многом зависит от принятой технологии производства, т.е. от техники правильного ведения работ. Опасность часто возникает там, где нарушается нормальный производственный процесс и применяются неправильные приемы труда.

Для решения задач охраны труда необходимо, чтобы основные технические решения и конкретные мероприятия в этом направлении содержались в проектной документации. В ПОС и ППР, в частности, должны приводиться решения: по созданию условий для безопасного выполнения работ как на строительной площадке в целом, так и на отдельных рабочих местах; по санитарно-гигиеническому обслуживанию работающих; по безопасному производству работ в зимних условиях; по достаточному освещению строительной площадки, проходов, проездов и рабочих мест. Без такой документации начинать строительные-монтажные работы запрещается.

На строительной площадке должен быть организован систематический и строгий контроль за соблюдением основных правил техники безопасности и охраны труда. За организацию и проведение мероприятий по технике безопасности отвечает главный инженер. К работам могут быть допущены только те рабочие, которые прошли общий (вводный) инструктаж по технике безопасности, а также инструктаж непосредственно на рабочем

месте. К работам особо опасным и связанным с наличием вредных веществ (монтаж конструкций на высоте, изоляционные, кислотоупорные работы и др.) рабочие допускаются лишь после прохождения ими специального обучения и сдачи экзаменов. Для таких работ рабочим должны выдаваться индивидуальные защитные средства.

Охрана труда в строительстве тесно связана с противопожарными мероприятиями, которые должны быть направлены на предупреждение возникновения пожара, ограничение его распространения, создание условий для эвакуации людей и материальных ценностей, обеспечение возможности локализации и тушения пожара. Ответственность за пожарную безопасность на стройке несут начальник строительства и участка, прораб, мастер, а также бригадир. Поэтому они должны постоянно контролировать, как соблюдаются установленные правила, и своевременно устранять замеченные нарушения. В случае угрозы возникновения пожара органы Государственного пожарного надзора имеют право приостановить дальнейшее ведение строительных или монтажных работ.

## Глава 2. ПРОЦЕССЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

### 2.1. Виды и назначение земляных сооружений.

#### Основные свойства грунтов

Строительство сетей и сооружений систем водоснабжения и водоотведения обычно сопряжено с необходимостью выполнения больших объемов земляных работ.

**Земляными** называются работы по разработке грунта в выемках, его транспортированию (перемещению) и укладке в насыпи. Выемки и насыпи представляют собой земляные сооружения (рис.2.1), которые в зависимости от их назначения и срока эксплуатации могут быть постоянными и временными. Постоянные земляные сооружения – плотины, дамбы, каналы, водохранилища, шламонакопители и т.п. – предназначены для длительной эксплуатации. Временные земляные сооружения устраивают как необходимый элемент для последующих строительного-монтажных работ. К ним относятся котлованы и траншеи. **Котлованами** называются выемки, ширина которых мало отличается от длины, а **траншеями** – выемки, имеющие малые размеры поперечного сечения и большую длину. Котлованы необходимы для строительства сооружений, а траншеи – для прокладки трубопроводов. Наклонные боковые поверхности выемок и насыпей называют **откосами**, а горизонтальные поверхности вокруг них – **бермами**. Остальными элементами земляных сооружений являются: **дно выемки** – нижняя горизонтальная земляная площадка выемки; **бровка** – верхняя кромка откоса; **подошва** – нижняя кромка откоса; **крутизна** (или коэффициент) откоса  $m = h/a$ , где  $h$  – глубина выемки или высота насыпи;  $a$  – заложение откоса.

К земляным сооружениям относятся также резервы и кавальеры. **Резервы** – это выемки, из которых берут грунт для устройства насыпи, а **кавальеры** – это насыпи, образуемые при отсыпке ненужного грунта, например для временного его хранения, используемого затем вновь для засыпки траншей или пазух котлованов. Земляные сооружения при их эксплуатации не должны изменять своей формы и основных размеров, давать просадок, размываться под действием текущей воды и поддаваться влиянию атмосферных осадков.

Поскольку земляные сооружения устраиваются в грунтах или из грунтов, необходимо знать их основные свойства.

**Грунты** – это любой вид горной породы или почвы, а также твердые отходы производственной и хозяйственной деятельности человека. Вид и свойства грунтов характеризуют размеры и форма зерен (частиц), их прочность, расположение и взаимосвязь. По совокупности признаков грунты делятся на группы, типы, виды и разновидности (см. ГОСТ, СНиП).

По характеру структурных связей грунты подразделяют на два класса: скальные и нескальные. *Скальные грунты* характеризуются высокой прочностью связей между зёрнами, залегают в виде сплошного или трещи-

нового массива. Такие грунты разрабатывают только после предварительного рыхления. Нескальные грунты делятся на связные и несвязные.

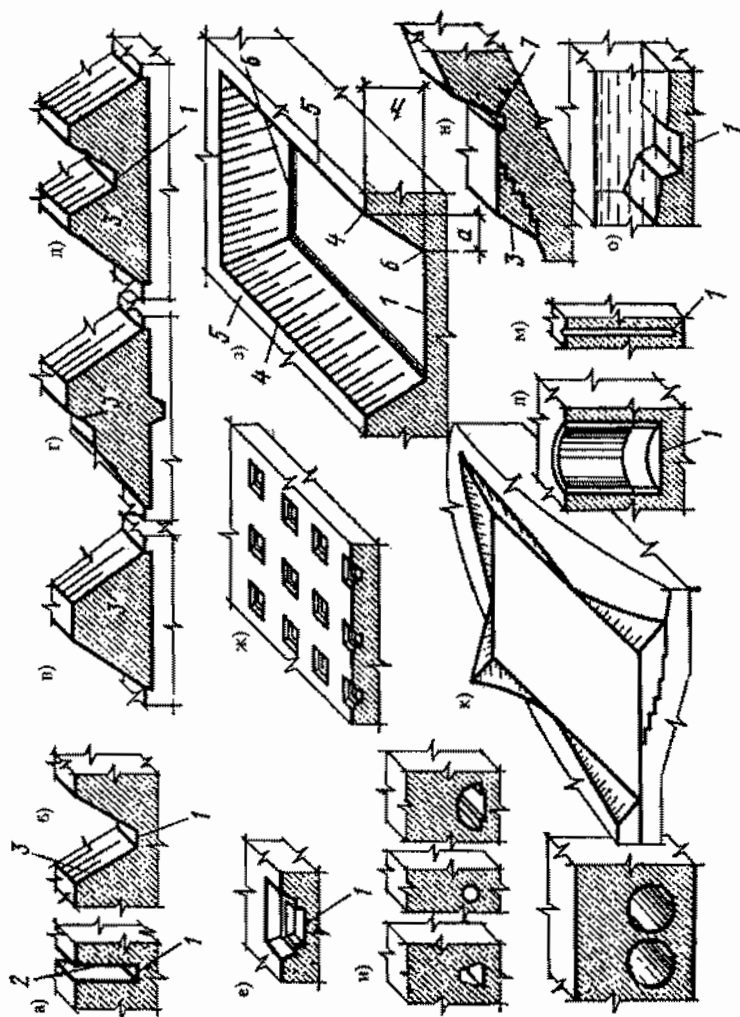


Рис. 2.1. Виды лемных сооружений: а, б - траншеи с вертикальными стенками и с откосами; в - дамбы; г - плотины; д - канал в насыпи; е - котлован под фундаментом; ж - система котлованов под фундаментами колонн сооружения; з - котлован под сооружением; и - подземные выработки (для штольни, трубы, канализационного коллектора, тоннеля); к - площадка; л - выемка для опускного колодца; м - буровая скважина; н - полувыемка-полунасыпь; о - подводная траншея; 1 - дно (траншеи, канала, котлована, опускного колодца); 2 - боковая стенка траншеи; 3 - боковой откос (канала, дорожной выемки, котлована, насыпи, плотины, дамбы); 4 - бровка; 5 - берма; 6 - подолка; 7 - водоотводная кювет

*Несвязными* называют грунты, обладающие только силами сухого трения. Это крупнообломочные (гравелисто-галечные) и песчаные грунты. Грунты, характеризующиеся наличием сил сцепления между частицами, носят название *связных*. К таким грунтам относятся глины и суглинки. Промежуточное положение занимают так называемые *малосвязные* грунты. Наряду с силами трения они обладают слабо выраженными силами сцепления. К этой группе грунтов относятся супеси.

По степени влагосодержания различают грунты *сухие* (с содержанием воды до 5%), *влажные* (от 5 до 30%) и *мокрые* (более 30%).

Основные физические свойства грунтов: плотность, влажность, водопроницаемость, пористость, угол естественного откоса и внутреннего трения; механические свойства – прочность, деформативность, твердость, пластичность, сопротивляемость сдвигу, размываемость, разрыхляемость, уплотняемость и др.

В зависимости от трудности разработки все грунты разделены на группы (см. ЕНиР), что следует учитывать при выборе и определении выработки механизмов и рабочих.

## **2.2. Обеспечение устойчивости земляных сооружений. Способы крепления их откосов**

**Обеспечение устойчивости земляных сооружений** является важнейшим требованием, предъявляемым к ним. Чтобы ее обеспечить, земляные сооружения возводят с откосами необходимой крутизны. Крутизна откоса выемки или насыпи зависит главным образом от угла естественного откоса грунта. Ее принимают в зависимости от глубины выемки или высоты насыпи, свойств грунта, их влажности, характера сооружения (постоянные или временные) и других факторов. Наибольшая допустимая крутизна откосов котлованов и траншей глубиной до 5 м, отрываемых в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод или в грунтах, осушенных с помощью искусственного водопонижения, регламентируется СНиПами (см. табл. 2.1).

При напластовании различных видов грунтов (кроме растительного) крутизну откоса для всех пластов назначают по более слабому грунту (с меньшей крутизной).

Для отрывки выемок глубиной более 5 м крутизна откоса устанавливается по расчету исходя из значений угла внутреннего трения  $\varphi$  и удельного сцепления грунта ( $c$ ) с учетом нагрузки на берме откоса. Ориентировочно крутизну откоса таких выемок в непереувлажненных грунтах для средних значений ( $\varphi$ ) и ( $c$ ) можно принимать по табл. 2.2. При необходимости отрывки выемок ниже уровня грунтовых вод (УГВ), где будут обводненные грунты, крутизну их откосов принимают по табл. 2.3.

Таблица 2.1

## Наибольшая крутизна откосов

Грунт	Угол между направлением откоса и горизонталью, град.	Крутизна откоса	Угол между направлением откоса и горизонталью, град.	Крутизна откоса	Угол между направлением откоса и горизонталью, град.	Крутизна откоса						
							При глубине выемки, м, до					
							1,5	3		5		
Насыпной Песчаный и гравийный влажный (ненасыщенный)	56	1:0,67	45	1:1	38	1:1,25						
	63	1:0,5	45	1:1	45	1:1						
Глинистый: супесь суглинок Глина	76	1:0,25	56	1:0,67	50	1:0,85						
	90	1:0	63	1:0,5	53	1:0,75						
	90	1:0	76	1:0,25	63	1:0,5						
	90	1:0	63	1:0,5	63	1:0,5						
Лесс и лессовидный сухой												
Моренный: песчаный, супесчаный	76	1:0,25	60	1:0,57	53	1:0,75						
суглинистый	78	1:0,2	63	1:0,5	57	1:0,65						

Таблица 2.2

## Расчетная максимально допустимая крутизна откосов

Группа грунта	Грунт	При глубине выемки, м			
		5 ... 6	6 ... 8	8 ... 10	10 ... 14
I	Песок (влажный ненасыщенный)	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2
II	Супесь	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75
I, II	Суглинок	1:0,85	1:1	1:1,25	1:1,5
III, IV	Тяжелый суглинок, глина	1:0,75	1:1	1:1,25	1:1,5

Таблица 2.3

## Допустимая крутизна откосов в обводненных грунтах

Грунт	При глубине выемки, м	
	до 2	более 2
Песок: мелкозернистый средне- и крупнозернистый	1:1,5	1:2
	1:1,25	1:1,5
Суглинок	1:0,67	1:1,25
Гравелистый и галечниковый (гравия и гальки свыше 40%)	1:0,75	1:1
Глина	1:0,5	1:0,75
Разрыхленный скальный	1:0,25	1:0,25

Однако не всегда имеется возможность отрывки котлованов или траншей с наклонными откосами необходимой крутизны, чтобы обеспечить их устойчивость. Такое, в частности, может быть при отрывке выемок в стесненных условиях городской застройки, и тогда приходится их отрывать с вертикальными откосами.

Для предотвращения обрушения вертикальных стенок необходимо устраивать их временное крепление. При этом необходимо иметь в виду, что без креплений вертикальных стенок траншей и котлованов, расположенных выше УГВ, допускается при глубине их не более, м:

в песчаных и крупнообломочных грунтах	1
в супесях	1,25
в суглинках и глинах (кроме очень прочных)	1,5
в очень прочных суглинках и глинах	2

Крепление вертикальных стенок обязательно при устройстве выемок в стесненных производственных условиях, отрывке глубоких котлованов и в сильно водонасыщенных грунтах.

**Способы и конструкции креплений вертикальных стенок котлованов и траншей** зависят от их глубины и размеров, физических и гидрогеологических свойств грунтов, наличия динамических нагрузок у краев выемки (от машин и механизмов) и принятых способов последующих работ (монтажа строительных конструкций, труб и т.п.)

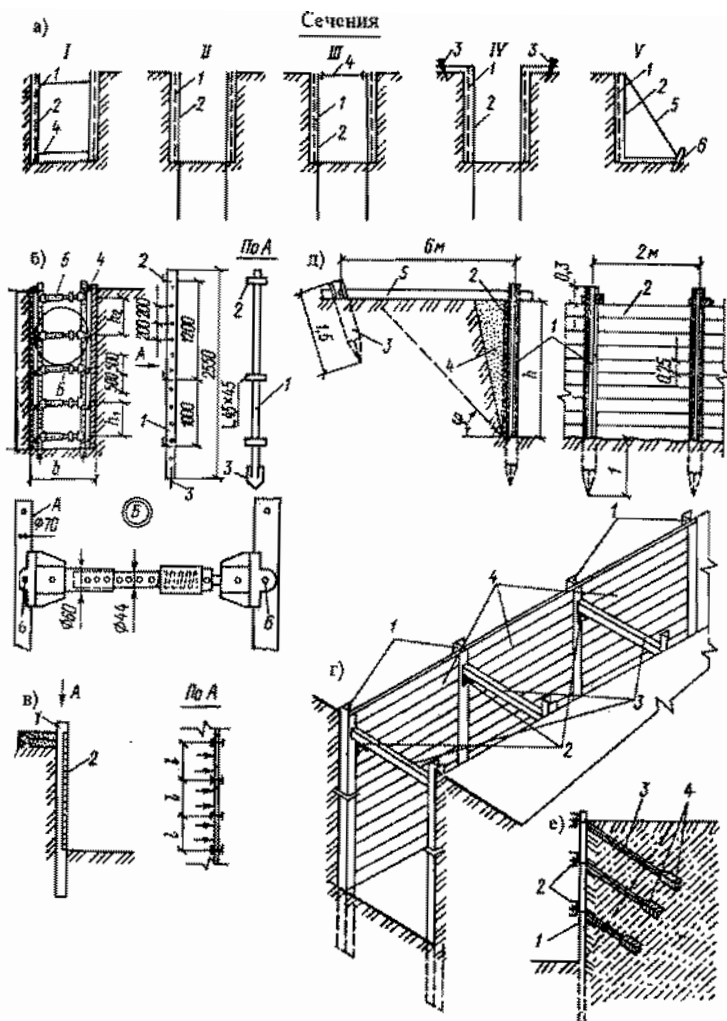
В зависимости от конструктивного решения различают крепления следующих типов: распорные, консольные, консольно-распорные, консольно-анкерные, подкосные (рис. 2.2,а). Тип крепления выбирается в зависимости от назначения и размеров выемки, свойств грунтов, величины притока грунтовых вод и условий производства работ.

По характеру конструктивного исполнения и степени оборачиваемости крепление может быть инвентарным и стационарным (из отдельных элементов), сплошным или с прозорами.

Шпунтовые ограждения стен являются разновидностью консольных ограждений и устраиваются при глубоких котлованах, большом боковом давлении грунта, сложных гидрогеологических условиях. Шпунтовые ограждения представляют собой сплошные стенки из предварительно погруженных в грунт стальных или деревянных шпунтов с замковыми соединениями. Существует три варианта исполнения шпунтовых ограждений: консольное, распорное и анкерное (рис. 2.2,б).

Подкосные крепления используются для крепления стен котлована и состоят из забирки, стойки, подкоса, лежня и упорного якоря. Крепления такого типа затрудняют работы в котловане и поэтому применяются редко.





**Рис. 2.2. Крепление вертикальных стен выемок:** а - схемы типов конструктивных решений креплений стенок траншей и котлованов: I - распорное; II - консольное; III - консольно-распорное; IV - консольно-анкерное; V - подкосное: 1 - щиты; 2 - стойки (сваи); 3 - анкеры; 4 - распорки; 5 - подкосы; 6 - упоры; б - инвентарное распорное крепление: 1 - металлические стойки; 2 - уголок; 3 - заострение; 4 - щиты; 5 - распорки телескопической конструкции; 6 - болт; в - консольный тип: 1 - стойки; 2 - щиты или пластины; г - консольно-распорный тип крепления: 1 - двутавровые балки; 2 - поддерживающие стальные уголки; 3 - деревянные распорки; 4 - доски ограждающего элемента крепления (забирка); д - консольно-анкерный тип: 1 - стойки; 2 - забирка; 3 - свая-анкер; 4 - засылка; 5 - тяжи; е - шпунтовое ограждение с внутренним анкерным креплением: 1 - шпунтовая стенка; 2 - балки; 3 - тяжи; 4 - анкеры

### 2.3. Определение размеров котлованов и траншей

Для определения объемов земляных работ по устройству котлованов под водопроводно-канализационные сооружения или траншеи для прокладки сетей водопроводов и коллекторов необходимо знать их основные размеры – ширину, длину и глубину.

Размеры котлованов определяют исходя из общих размеров сооружения в плане, глубины его заложения, крутизны откосов, а также принятых методов выполнения основных производственных процессов. При этом важно учесть: схему возведения будущего сооружения, определяющую схему движения кранов и других машин при монтаже сборных или возведении монолитных сооружений; схемы доставки и раскладки конструкций в монтажной зоне, установки опалубки, лесов и подмостей.

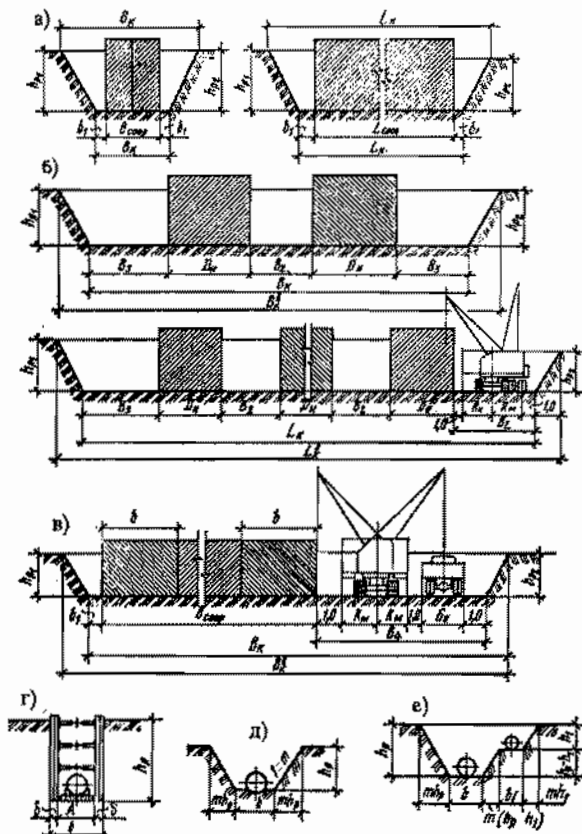


Рис. 2.3. Схема для определения размеров котлованов и траншей: а - котлованов малых размеров в плане ( $V_{\text{соор}} < 15 \text{ м}^3$ ); б - то же, средних ( $V_{\text{соор}} \geq 15 \text{ м}^3$ ); в - то же, больших ( $V_{\text{соор}} > 15 \text{ м}^3$ ); г - траншей с вертикальными стенками и креплениями; д - трапецидальных, е - сложного сечения при совмещенной прокладке трубопроводов

Поскольку при устройстве систем водоснабжения и водоотведения строят заглубленные и чаще всего емкостные сооружения прямоугольного или круглой в плане формы, которые фактически отличаются друг от друга только своими размерами и внутренними конструктивными элементами, то независимо от их назначения и принадлежности (не учитывая общих размеров сооружений) можно выделить следующие четыре основных схемы их возведения:

*Схема I* (кольцевая) – кран и транспортные средства при возведении сооружения перемещаются вокруг него по берме котлована, не заезжая на его дно; *схема II* – механизмы движутся по дну котлована за пределами сооружения, по его периметру; *схема III* – механизмы в процессе строительства сооружения перемещаются непосредственно по его днищу; *схема IV* предусматривает монтаж сооружения одновременно, т.е. параллельно работающими двумя кранами, при котором конструкции крайних стей и примыкающего пролета сооружения монтируются первым краном с передвижением его и транспортных средств по берме котлована, а конструкции внутри сооружения – вторым краном, передвигающимся по днищу сооружения.

По схеме I возводят обычно небольшие сооружения, ширина которых в плане или диаметр не превышает 15 м ( $B_{\text{соор}} < 15$  м). Размеры котлована (ширина  $B_{\text{к}}$  и длина  $L_{\text{к}}$ ) при этом определяются исходя из внешних размеров сооружения с небольшим уширением его дна с каждой стороны для удобства выполнения работ (рис. 2.3, а):

$$B_{\text{к}} = B_{\text{соор}} + 2b_1; \quad L_{\text{к}} = L_{\text{соор}} + 2b_1,$$

где  $B_{\text{соор}}$ ,  $L_{\text{соор}}$  – ширина и длина возводимого сооружения по наружному периметру;  $b_1$  – ширина свободного пространства между подошвой откоса выемки и выступающей частью днища сооружения (принимается по условиям техники безопасности и удобства работ не менее 0,5 м).

По схеме II возводят сооружения средних габаритов, размеры которых в плане превышают 15 м ( $B_{\text{соор}} > 15$  м) при значительном их заглублении и большой массе монтажных элементов. Размеры котлована при этом должны быть достаточными для размещения сооружений, а также для проезда кранов и транспорта вокруг них по дну выемки (рис. 2.3, б) и для раскладки сборных конструкций по фронту работ:

$$B_{\text{к}} = D_{\text{н}}n + (n-1)B_2 + 2B_3;$$

$$L_{\text{к}} = D_{\text{н}}n_1 + (n_1-1)B_2 + 2B_3,$$

где  $D_{\text{н}}$  – диаметр или размер сооружения по наружному периметру;  $n$ ,  $n_1$  – число сооружений или секций в одном ряду соответственно в поперечном и продольном направлениях;  $B_2$  – расстояние между сооружениями в свету;  $B_3$  – уширение котлована по дну для безопасного выполнения монтажных работ и движения транспорта;

$$B_3 = 1.2 + 2R_{\text{м}} = 2(1 + R_{\text{м}}),$$

где  $l$  – просвет между движущимися краном и сооружением (или откосом выемки), м;  $R_M$  – радиус поворота машинной платформы крана.

При возведении сооружений из монолитного железобетона размеры котлована определяются по тем же формулам, только с добавлением к  $B_K$  и  $L_K$  удвоенной величины  $2b_{оп}$  (где  $b_{оп}$  – ширина опалубочного агрегата или крепления стационарной опалубки и лесов на уровне дна котлована).

По схеме III обычно строят крупные сооружения (рис. 2.3, в) размеры которых в плане в несколько раз превышают 15 м ( $B_{соор} > 15$  н, м). В этом случае размеры котлована равны:

$$B_K = B_{соор} + b_1 + B_4; \quad L_K = L_{соор} + 2l_1;$$

где  $B_4$  – уширение котлована для монтажа конструкций последней секции сооружения (рис. 2.3, в);  $l_1$  – уширение котлована в торцах сооружения для заезда и выезда крана и транспортных средств (принимается равным 6...7 м и зависит от радиуса их поворота);

$$B_4 = 1.3 + 2R_M + B_a,$$

где  $B_a$  – ширина базы грузовых автомашин на уровне кузова (габарит).

По схеме IV строят крупные сооружения при  $B_{соор} > 15$  н, м. Размеры котлованов, поскольку уширение их дна на величины  $B_3$  или  $B_4$  не требуется, могут быть определены по формулам, применяемым при схеме I. Размеры котлованов поверху  $B_K^B$  и  $L_K^B$  определяют исходя из их размеров понижу  $B_K$ ,  $L_K$  глубины выемки  $H$  и принятых коэффициентов заложения откоса  $m$  для соответствующих грунтов.

$$B_K^B = B_K + 2mH; \quad L_K^B = L_K + 2mH.$$

**Размеры траншей.** Наименьшую ширину траншей по дну  $B_{тр. min}$  (согласно СНиПу) следует принимать в зависимости от типа и диаметра прокладываемых труб, способа их укладки (табл. 2.4).

Принятую по данной таблице ширину траншеи по дну ( $B_{тр.}$ ), если ее предполагается разрабатывать одноковшовым экскаватором, необходимо проверить на ширину ковша принятого экскаватора, которая в зависимости от его вместимости, м<sup>3</sup>, может быть определена по формуле

$$b_K = 1,2\sqrt[3]{q},$$

где  $q$  – вместимость ковша выбранного экскаватора, м<sup>3</sup>.

При этом надо иметь в виду, что при разработке траншей одноковшовыми экскаваторами их ширина должна быть не меньше ширины режущей кромки ковша экскаватора с добавлением в песчаных грунтах и супесях 0,15 м, в глинах и суглинках 0,10 м.

## Наименьшая ширина траншеи по дну

Способ укладки	Наименьшая ширина траншеи с вертикальными стенками по дну, м (без учета креплений), для труб		
	стальных и пластмассовых	раструбных чугунных, бетонных, железобетонных и асбестоцементных	бетонных, железобетонных на муфтах и фальцах, керамических
Плетями или отдельными секциями при наружном диаметре $D$ труб, м: до 0,7 более 0,7	$D+0,3$ но не менее 0,7	—	—
	1,5 $D$	—	—
	$D+0,5$	$D+0,6$	$D+0,8$
	$D+0,8$	$D+1$	$D+1,2$
Отдельными трубами при наружном диаметре $D$ , м до 0,5 от 0,5 до 1,6 от 1,6 до 3,5	$D+1,4$	$D+1,4$	$D+1,4$

Если получится, что ширина траншеи меньше величины  $b_k$  с добавлением этих запасов, то необходимо либо принимать экскаватор с меньшей шириной ковша или увеличивать проектную ширину траншеи, что повлечет за собой увеличение объемов земляных работ.

Ширина траншей по дну при диаметре труб свыше 3,5 м, а также на кривых участках трассы устанавливается проектом. Ширина траншей с откосами (см. рис. 2.3, д) по дну принимается равной  $D + 0,5$  м при укладке трубопроводов из отдельных труб и  $D + 0,3$  м – при укладке плетями. При устройстве креплений (см. рис. 2.3, г) ширину траншеи увеличивают на их толщину. Если в траншеях с вертикальными стенками необходима работа людей, то наименьшее расстояние в свету между поверхностью трубопровода (коллектора) и стенками должно быть не менее 0,7 м. Ширина траншеи поверху определяется крутизной ее откосов. Глубина траншеи зависит от глубины заложения труб, которая во всех случаях должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта. Продольный уклон траншеи устанавливается проектом в зависимости от назначения трубопровода. Для заделки стыковых соединений труб в траншеях отрывают приямки необходимых размеров, указанных в СНиПе.

## 2.4. Подсчет объемов земляных работ

Подсчет объемов земляных работ по устройству выемок (котлованов, траншей) и насыпей при известных размерах достаточно прост. При сложных формах выемок и насыпей их разбивают на ряд более простых геометрических тел, которые затем суммируют.

Определение объемов котлованов. Уточнив по приведенным выше формулам размеры котлована понизу  $B_K$  и  $L_K$ , назначив крутизну откосов  $m$  и зная глубину котлована  $H$ , определяют размеры котлована поверху  $B_K^B$ ,  $L_K^B$  и затем вычисляют объем грунта, подлежащего разработке при устройстве котлована.

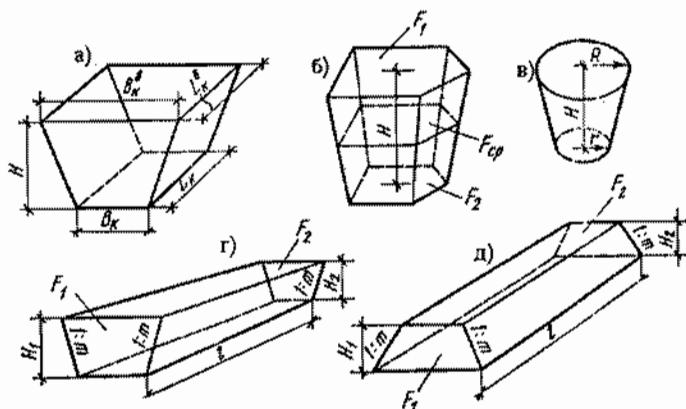


Рис. 2.4. Схема для определения объемов земляных работ при устройстве котлованов различной формы, траншей и насыпей: а, б, в - котлованы прямоугольные, многоугольные и круглые; г - траншея с откосами; д - насыпь

Объем котлована  $V_K$  прямоугольной формы с откосами (рис. 2.4, а) определяют по формуле опрокинутой пирамиды (призматоида):

$$V_K = H/6 [B_K L_K + B_K^B L_K^B + (B_K + B_K^B)(L_K + L_K^B)],$$

где  $B_K$  и  $L_K$  - ширина и длина котлована по дну, м;  $B_K^B$  и  $L_K^B$  - то же, поверху;  $H$  - глубина котлована, м.

Объем котлована, имеющего форму многоугольника с откосами (рис. 2.4, б)

$$V_K = H/6 (F_1 + F_2 + 4F_{cp}),$$

где  $F_1$  и  $F_2$  - площади дна и верха котлована,  $m^2$ ;  $F_{cp}$  - площадь сечения по середине его высоты,  $m^2$ .

Объем квадратного котлована с откосами определяют по формуле опрокинутого призматоида:

$$V_K = H/3 (F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 F_2})$$

Объем круглого в плане котлована с откосами (рис. 2.4, в) определяют по формуле опрокинутого усеченного конуса:

$$V_{\kappa} = \pi H / 3 (R^2 + r^2 + Rr),$$

где  $R$  и  $r$  – радиусы верхнего и нижнего оснований котлована.

Котлованы для сооружений, состоящих из цилиндрической и конической частей (радиальные отстойники, метантенки и др.), которые обычно возводятся группами, т.е. по несколько в одном котловане, отрывают в два этапа: вначале устраивают общий прямоугольный котлован с размерами  $B_{\kappa}$ ,  $L_{\kappa}$  понизу и  $B_{\kappa}^B$ ,  $L_{\kappa}^B$  поверху от отметки заложения их цилиндрических частей, а затем делают углубления для конических частей сооружения. Соответственно и объемы земляных работ определяют в два этапа: вначале объем общего прямоугольного котлована по приведенным выше формулам, а затем объем конических углублений с использованием приведенной формулы усеченного конуса.

При расчетах объемов земляных работ следует также учитывать объемы въездных и выездных траншей:

$$V_{\text{в.тр}} = H^2 / 6 \left( 3b + 2mH \frac{m' - m}{m'} \right) (m' - m),$$

где  $H$  – глубина котлована в местах устройства траншей, м;  $b$  – ширина их понизу, принимаемая при одностороннем движении 4,5 м и при двухстороннем – 6 м;  $m$  – коэффициент заложения откоса котлована;  $m'$  – коэффициент откоса (уклона) въездной или выездной траншеи (от 1:10 до 1:15).

Общий объем котлована с учетом въездных и выездных траншей

$$V_{\text{общ}} = V_{\kappa} + nV_{\text{в.тр}},$$

где  $V_{\kappa}$  – объем собственно котлована, м<sup>3</sup>;  $n$  – количество въездных и выездных траншей;  $V_{\text{в.тр}}$  – их объем, м<sup>3</sup>.

Из общего объема котлована следует выделить объем работ по срезке растительного слоя, которую обычно производят бульдозером или скрепером, а также объем работ по срезке недобора, который оставляют у дна котлована, разрабатываемого экскаватором, чтобы не нарушить целостность и прочность грунта у основания.

Объем срезки растительного слоя можно определить по формуле

$$V_c = V_c^K + V_c^P,$$

где  $V_c^K$  – объем срезки грунта в пределах котлована, м<sup>3</sup>;  $V_c^K$  – то же, в пределах рабочей зоны, м<sup>3</sup>.

$$V_c^K = B_{\kappa}^g L_{\kappa}^g t_c,$$

где  $B_{\kappa}^g$ ,  $L_{\kappa}^g$  – ширина и длина котлована поверху, м;  $t_c$  – толщина срезаемого слоя, принимаемая равной 0,15 – 0,20 м.

$$V_c^P = B\ell,$$



где  $B$  – ширина рабочей зоны на берме котлована, необходимая для складирования материалов, конструкций и движения строительных машин, принимаемая равной 15 – 20 м;  $\ell$  – протяженность рабочей зоны, м.

Объем работ по зачистке недобора по дну котлована равен

$$V_{з.к} = B_{к} L_{к} h_{н} ,$$

где  $B_{к}, L_{к}$  – ширина и длина котлована понизу, м;  $h_{н}$  – толщина недобора, м.

Толщину недобора при отрывке котлованов одноковшовыми экскаваторами определяют в зависимости от вида рабочего оборудования экскаватора и вместимости его ковша по табл.2.5.

Таблица 2.5

**Допустимые недоборы грунта по дну котлованов и траншей**

Рабочее оборудование экскаватора	Допустимые недоборы грунта ( $h_n$ ), см при отрывке одноковшовым экскаватором с емкостью ковша, м <sup>3</sup>				
	0,25 – 0,4	0,5 – 0,65	0,8 – 1,25	1,5 – 2,5	3 – 5
Прямая лопата	5	10	10	15	20
Обратная лопата	10	15	20	-	-
Драглайн	15	20	25	30	30

Для определения объемов траншей продольный профиль траншеи делят на участки с одинаковыми уклонами, подсчитывают объемы грунта для каждого из них и суммируют.

Объем траншеи с вертикальными стенками

$$V_{тр} = B_{тр} (H_1 + H_2) L / 2 \quad \text{или} \quad V_{тр} = (F_1 + F_2) L / 2 ,$$

где  $B_{тр}$  – ширина траншеи;  $H_1$  и  $H_2$  – глубина ее в двух крайних поперечных сечениях;  $F_1$  и  $F_2$  – площади этих сечений;  $L$  – расстояние между сечениями.

Объем траншей с откосами (рис. 2.3, д) можно определить по вышеприведенной формуле, при этом площади поперечного сечения

$$F_{1,2} = (B_{тр} + mH_{1,2}) H_{1,2} .$$

Более точно объем траншей с откосами можно определить по формуле Винклера

$$V_{тр} = \left[ \frac{F_1 + F_2}{2} - \frac{m(H_1 - H_2)^2}{6} \right] L .$$

Для определения объема траншей, предназначенных для совмещенной прокладки сетей (см. рис.2.3, е), площадь их поперечного сечения вычисляют как сумму площадей траншеи полного сечения для трубопровода глубокого заложения и дополнительной траншеи для трубопроводов меньшего заложения с основанием  $B_{тр1}$ , равным  $B_{тр1} = D_H + 2 \cdot 0,2$  м (где  $D_H$  – наружный диаметр трубопровода).

Для удобства подсчета объема земляных работ трассу трубопровода разбивают через определенные расстояния (100 – 200 м) на участки (пикеты) и вначале определяют объемы работ на участках, а затем, суммируя их, определяют объем земляных работ. При этом целесообразно использовать так называемый табличный метод подсчета земляных работ. С этой целью, определив ширину траншеи по дну ( $B_{тр}$ ), разбив трассу на пикеты через  $\ell$  м и определив глубины траншей ( $H$ ) на каждом пикете (путем построения продольного профиля трубопровода), а также коэффициенты крутизны откосов (поперечных сечений на каждом из них ( $m$ ), зная вид залегающих грунтов и глубины выемки, данные записывают в таблицу (табл. 2.6).

Таблица 2.6

**Таблица подсчета объемов земляных работ при разработке траншей с наклонными откосами**

Пикеты	$B_{тр1}$ , м	$H$ , м	$m$	$F_2$ , м <sup>2</sup>	$\frac{F_1 + F_2}{2}$	$\ell$ , м	$V_{тр1}$ , м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
0	1	2,0	1	6	7,7	100	770
1	1	2,6	1	9,4	14,6	100	1460
2	1	3,6	1,25	19,8	14,6	100	1460
3	1	2,6	1	9,4	7,7	100	770
4	1	2,0	1	6		$\Sigma=400$	$\Sigma V_{тр1} =$ 4360

Объем земляных работ на каждом участке в графе 8 определяют путем умножения данных графы 6 на данные графы 7 и затем их суммируют.

При отрыве траншей экскаваторами у дна их также оставляют необходимый недобор грунта, который в основном зачищают вручную. Кроме этого на дне траншей устраивают приямки, облегчающие работы по заделке стыков труб. Приямки также чаще всего отрывают вручную.

Объем земляных работ по зачистке дна траншеи определяют по формуле

$$V_{з.т} = B_{тр} L h_n,$$

$B_{тр}$  - ширина траншеи по дну, м;  $L$  - общая длина траншеи, м;  $h_n$  - толщина недобора (см. табл. 2.5).

Объем работ по устройству приямков на дне траншеи равен

$$V_n = abcL / \ell,$$

где  $a, b, c$  - размеры приямков, м (принимаются по СНиП);  $L$  - протяженность трубопровода, м;  $\ell$  - длина трубы или трубной секции, м.

Несущая способность труб в значительной мере зависит от характера опирания их на основание. Так, например, трубы, уложенные в грунто-

вое ложе с углом охвата  $120^\circ$ , выдерживают нагрузку на 30–40% большую, чем трубы, уложенные на плоское основание. Поэтому на дне траншей перед укладкой труб целесообразно вручную или механизированным способом устраивать, т.е. нарезать, специальное овальное углубление (ложе) с углом охвата труб до  $120^\circ$ .

Объем земляных работ по устройству ложа или выкружки на дне траншеи для укладки труб может быть определен по формуле

$$V_a = F_d L,$$

где  $F_d$  – площадь поперечного сечения ложа (выкружки),  $m^2$ ;  $L$  – длина траншеи,  $m$ .

Площадь сечения ложа (выкружки) можно определить по геометрической формуле площади сегмента, каковым фактически и является грунтовое ложе. Исходя из этого

$$F_d = \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi\varphi}{180} - \sin\varphi \right),$$

где  $r$  – радиус трубопровода, т.е.  $D/2$ ,  $m$ ;  $\varphi$  – угол охвата трубы, град.

Объем грунта по срезке растительного слоя на трассе трубопровода определяется по формуле

$$V_c = V_c^T + V_c^P,$$

где  $V_c^T$  – объем работ по срезке растительного слоя в пределах траншеи,  $m^3$ ;  $V_c^P$  – то же, в пределах рабочей зоны,  $m^3$ .

$$V_c^T = \left( \sum_1^h F_c^i \right) H_c,$$

где  $F_c^i$  – площадь срезки растительного слоя в пределах контура траншеи между пикетами,  $m^2$ ;  $H_c$  – толщина растительного слоя,  $m$  (принимается равной  $0,15 - 0,2$   $m$ ).

$$F_c^i = \left[ B_{тр} + m(H_1 + H_2) \right] \ell_i,$$

$B_{тр}$ ,  $m$  – то же, что и в предыдущих формулах;  $H_1, H_2$  – глубины траншеи на смежных пикетах,  $m$ ;  $\ell_i$  – расстояние между пикетами,  $m$ .

$$V_c^P = B H_c L,$$

где  $B$  – ширина рабочей зоны,  $m$  (принимается равной  $15 - 25$   $m$ );  $L$  – общая длина трубопровода,  $m$ .

Объем грунта, разрабатываемого экскаватором, определяется по формуле

$$V_s = V_{np} - (V_c^T + V_c^P).$$

Объем грунта, необходимый для частичной засыпки труб и обратной засыпки траншей ( $V_0$ ) с учетом коэффициента остаточного разрыхления ( $K_{ор}$ ) определяется по формуле

$$V_0 = \frac{(V_{нр} - V_m) 100}{100 + K_{ор}}$$

где  $K_{ор}$  определяется по ЕНиР Сб. Е2, прил. 2;  $V_{т}$  - объем грунта, вытесняемый трубопроводом и вывозимый за пределы площадки

$$V_{т} = 1,05 \frac{\pi D_{н}^2}{4} L,$$

где  $D_{н}$  - наружный диаметр и общая длина трубопровода, м; 1,05 - коэффициент увеличения объема вытесняемого грунта за счет раструбов (учитывается при прокладке раструбных труб).

Объемы насыпей (рис. 2.4, д) можно вычислять по тем же формулам, что и выемок, учитывая форму насыпи (призматoid, усеченный конус и т.п.). Потребное количество грунта для возведения насыпи в плотном теле определяют с учетом коэффициента остаточного разрыхления. При больших уклонах, значительной неровности рельефа и особенно при устройстве насыпей на косогорах объемы земляных работ подсчитывают, разбивая насыпи на участки более простой геометрической формы.

Для подсчета объемов работ при вертикальной планировке применяют методы поперечных сечений, четырехгранных и трехгранных призм. Площадку, подлежащую планировке, на плане с горизонталями разбивают на элементарные участки, объемы работ по которым суммируются. Метод поперечных сечений (поперечников) используют при ровном рельефе и для ориентировочных подсчетов. В характерных сечениях рельефа вычерчивают поперечные профили (на расстоянии друг от друга не более 100 м) и затем определяют площади каждого из них, а также объемы грунта между ними.

Метод четырехгранных призм предусматривает разбивку площадки на прямоугольники или квадраты (рис. 2.5, а, б) со сторонами  $a$  (20...100 м). Объемы выемок или насыпей, заключенные в отдельных прямоугольных призмах,

$$V = \pm \left( \frac{a^2}{4} \right) (h_1 + h_2 + h_3 + h_4),$$

где  $a$  - сторона квадрата;  $h_1, h_2, h_3, h_4$  - отметки в углах квадратов.

Отметки со знаком «-» указывают на необходимость устройства насыпи, а со знаком «+» - выемки. Общий объем насыпи (выемки) определяют как сумму частных объемов призм и их частей, лежащих в пределах участка насыпи (выемки).

Метод трехгранных призм применяют при неровном рельефе (с замкнутыми горизонталями). Объем работ подсчитывают путем разбивки прямоугольников или квадратов диагоналями на треугольники. При этом методе достигается наибольшая точность подсчетов.

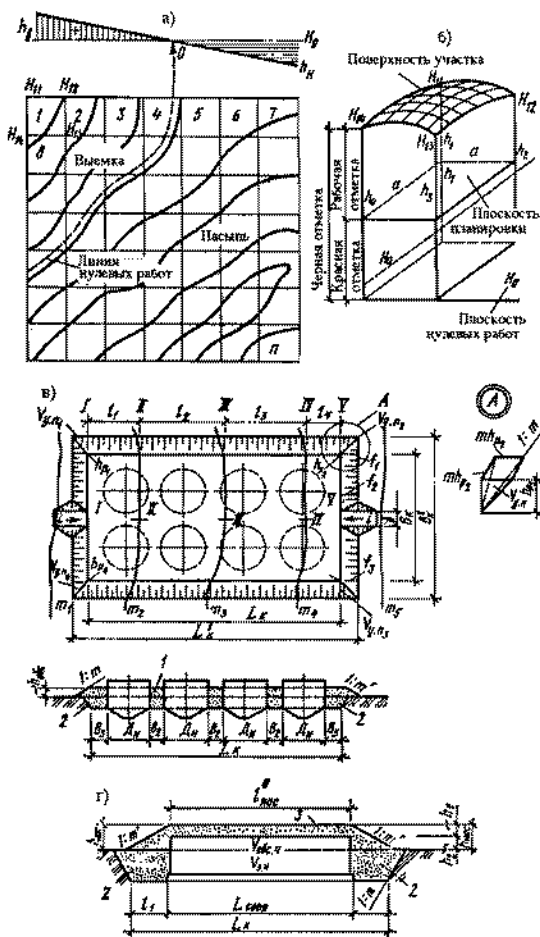


Рис. 2.5. Схемы к подсчету объемов вертикальной планировки, засыпки и обсыпки сооружений: а - разбивка площадок на квадраты; б - положение плоскостей при планировке; в - план котлована и его продольное сечение для определения объема засыпки и обсыпки после возведения сооружений без покрытий; г - то же, для сооружений с покрытиями

После возведения в котловане сооружения пустоты с боков его (лазухи), включая въездные и выездные траншеи, подлежат засыпке грунтом. Объем засыпки пазух котлована  $V_{зас.к}$  определяют разностью общего объема котлована  $V_{общ}$  и объемом заглубленной части сооружения  $V_{з.ч}$ , т.е.  $V_{зас.к} = V_{общ} - V_{з.ч}$ . Если сооружения выступают над поверхностью земли на 0,8 ... 1 м, вокруг них делают обсыпку грунтом. Объем обсыпки  $V_{обс}$  вычисляют как объем усеченной пирамиды  $V_{у.п.}$  за вычетом объема обсыпки

емой части сооружения  $V_{обс.ч}$  в пределах высоты  $h_{обс}$  (рис. 2.5, в), т.е.  $V_{обс} = V_{у.п.} - V_{обс.ч}$ . Над сооружениями с перекрытиями (резервуарами, горизонтальными отстойниками и др.) сверху устраиваются насыпи. Объем насыпи над сооружениями подсчитывают как объем усеченной пирамиды насыпи за вычетом объема части сооружения, попадающей в тело насыпи (рис. 2.5, г).

Общий объем грунта, укладываемого в резерв на берме котлована, должен включать объем грунта для обратной засыпки пазух, обсыпки сооружений и устройства насыпи над ними. Излишек грунта подлежит вывозке.

**Распределение грунта на основе баланса земляных масс.** Сравнение объемов земляных работ по устройству выемок и насыпей на строительной площадке представляет собой баланс земляных масс, который может быть активным, если объем выемок превышает объем насыпей, и пассивным, если объем выемок меньше объема насыпей. В первом случае излишний грунт вывозят со строительной площадки в отвалы, во втором – недостающий для устройства насыпей грунт завозят со стороны.

Поскольку вывозка грунта за пределы площадки нежелательна, так как она увеличивает сроки и повышает стоимость строительства, следует стремиться к тому, чтобы весь грунт из выемок укладывался без остатка в насыпи, т.е. соблюдался нулевой баланс. Для получения такого равенства нужно определить оптимальную отметку планировки площадки, при которой будет достигнут нулевой баланс земляных масс.

Оптимальная отметка планировки, по обе стороны которой (сверху и снизу) будут находиться равные объемы выемки и насыпи при подсчете объемов по квадратам (см. рис. 2.5, а, б), определяется по формуле

$$H_{opt} = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) / 4n,$$

где  $H_1, H_2, H_3, H_4$  – отметки естественной поверхности площадки в вершинах, общих соответственно для одного, двух, трех и четырех квадратов, м;  $n$  – количество квадратов в пределах площадки.

При планировке площадки комплекса сооружений оптимальную отметку планировки необходимо скорректировать с учетом дополнительных объемов грунта, необходимого для устройства постоянных сооружений, и объемов грунта, вытесняемого подземными частями возводимых сооружений и коммуникаций. Поправке к этой отметке может быть определена по формуле

$$\Delta H_{opt} = \pm V_i / F,$$

где  $V_i$  – дополнительный объем грунта (принимается с плюсом, когда имеется излишек, и с минусом – при недостатке грунта), м<sup>3</sup>;  $F$  – площадь планируемого участка, м<sup>2</sup>.

После окончания подсчета все объемы земляных работ сводят в специальную ведомость, называемую сводным балансом земляных масс и состоящую из двух частей: левой – приход грунта (П) и правой – расход

грунта ( $P$ ). При  $\Pi > P$  баланс положительный, т.е. активный, при  $\Pi < P$  баланс отрицательный т.е. пассивный, и при  $\Pi=P$  баланс нулевой. Определив баланс земляных масс, составляют схемы потоков перемещения грунта из выемок в насыпи или в резервы.

## 2.5. Подготовительные и вспомогательные работы

До начала производства основных работ при устройстве земляных сооружений выполняют *подготовительные работы*: внеплощадочные и внутриплощадочные. К *внеплощадочным подготовительным работам* можно отнести строительство подъездных дорог, линий связи и электронередачи, выполнение вскрышных работ на участках, отведенных под карьеры и резервы, к *внутриплощадочным* – восстановление и закрепление геодезической разбивочной основы; расчистку территории строительной площадки; инженерную подготовку площадки с выполнением работ по планировке, осушению и обеспечению стоков дождевых вод, устройству временных (или постоянных) дорог и коммуникационных сетей; установку временных инвентарных бытовых помещений для обогрева рабочих, приема пищи, сушки и хранения рабочей одежды, сапулов и т.п.

Подготовительным работам предшествуют организационные мероприятия на получение от заказчика-застройщика разрешительной документации на отвод земельных участков; ведение строительных работ; использование существующих транспортных и инженерных коммуникаций; вырубку деревьев и др.

*Геодезические работы* в строительстве включают создание разбивочной основы и проведение разбивочных работ<sup>1</sup> в ходе строительства, которые выполняет строительная организация.

*Расчистка территории* строительной площадки включает работы по уборке деревьев, кустарника и валунов, освобождению территории от строений, подлежащих сносу, переносу действующих коммуникаций и т.п.

Для удобства валки деревьев и безопасности работ территорию предварительно расчищают от кустарника и мелколесья, которые выкорчевывают с помощью кусторезов, бульдозеров, тракторов-корчевателей и убирают в специально отведенные для этого места.

Обычно деревья валят с корнями, используя для этого тракторы-древовалы или бульдозеры, оборудованные специальными упорными рамами.

Корчевку пней производят в основном механизированным способом (тракторы, бульдозеры, корчеватели-собиратели и корчевательные ледbedки), однако при диаметрах пней более 50 см в талых грунтах и более 30 см в мерзлых применяют взрывной способ.

---

<sup>1</sup> Работы по разбивке сооружений, траншей и котлованов подробнее описаны в следующем параграфе учебника.

Валуны, как правило, дробят взрывным способом, а иногда закапывают в грунт. Габаритные валуны (камни) транспортируют всеми доступными средствами в места отвала или к дробильным установкам для переработки на щебень.

Освобождая строительную площадку для нового строительства, реконструкции и расширения производств и в ряде других случаев, выполняют работы по разборке существующих зданий и сооружений или отдельных их элементов. Для этой цели применяют следующие основные способы разборки: ручной, полумеханизированный, механизированный и взрывной.

Выемки всех видов до начала основных земляных работ должны быть ограждены от стока поверхностных вод с помощью постоянных или временных устройств. Водоотводные устройства должны обеспечивать перехват нагорных вод вдоль границ строительной площадки или траншеи и ускорять сток воды с территории площадки. Для водоотвода устраивают кавальеры и отвалы, располагаемые с нагорной стороны, а также специальные оградительные обвалования, водоотводные осушительные каналы, производят планировку территории с уклоном. Поперечные сечения и уклоны всех водоотводных устройств должны быть рассчитаны на пропуск ливневых вод и вод, образующихся при таянии снега.

Бровка водоотводных канав должна быть выше расчетного уровня воды на 10 ... 20 см, их глубина – 0,6 м, ширина по дну – 0,6...0,8 м с крутизной откосов от 1:1 до 1:1,25 в зависимости от вида грунтов; продольный уклон водоотводных каналов должен быть не менее 0,003 за исключением болотистых мест и речных пойм.

Расстояние между бровкой откоса будущей выемки и ближайшей нагорной канавой должно быть: при устройстве постоянного водоотвода – не менее 5 м, временного водоотвода – не менее 3 м. Поверхность земли между кавальерами и нагорной канавой должна быть спланирована с уклоном 0,02 в сторону нагорной канавы.

До начала земляных работ по вертикальной планировке, отрывке выемок, устройству насыпей и др. в пределах строительной площадки должен быть снят растительный слой грунта и уложен в отвалы для дальнейшего использования при рекультивации сельскохозяйственных земель или благоустройстве территории. Плодородный слой грунта снимают в талом состоянии бульдозерами или скреперами и транспортируют в отведенное для хранения место.

При вертикальной планировке территории строительную разбивку закрепляют в местах срезки вешками, а в местах насыпи – сторожками. Земляные работы при планировке состоят из выемки грунта на одних участках площадки, перемещения, послойной укладки и уплотнения его в местах подсыпки и общей планировки. Для выполнения этих работ применяют землеройно-транспортные (автогрейдеры, бульдозеры, скреперы) и уплотняющие (катки, плиты и др.) механизмы. При перемещении грунта на боль-



шие расстояния в комплект механизмов включают автосамосвалы для перевозки и одиоковшовые экскаваторы или фронтальные погрузчики для загрузки грунта на транспорт.

*Вспомогательные работы* производят при устройстве земляных сооружений. Они включают временные крепления стей траншей и котлованов, открытый водоотлив и грунтовое водопонижение, искусственное закрепление грунтов.

Правильное решение задач по организации водоотлива и водопонижения упрощает производство земляных и монтажных работ по прокладке сетей водоснабжения и канализации. Работы по открытому водоотливу и водопонижению следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП по устройству оснований и фундаментов.

## **2.6. Разбивка сооружений, котлованов и траншей на местности**

Для выноса в натуре главных разбивочных осей или для построения внешних разбивочных сетей зданий и сооружений на стройплощадке вначале создают разбивочную сеть с размерами сторон 50, 100, 200 м.

Главные разбивочные оси сооружений с продолжительностью строительства до 5 месяцев и внутриплощадочные инженерные сети закрепляются геодезическими знаками в виде металлического стержня длиной 57 см, забиваемой в грунт на 50 см.

Для сооружений с продолжительностью строительства более 5 месяцев устанавливают в грунт ниже глубины промерзания круглые бетонные столбы с металлической трубой в центре и пластиной в верхней части.

Заказчик поэтапно по акту с приложением к нему разбивочных схем передает подрядчику на местности геодезическую разбивочную основу не позднее чем за 10 дней до начала выполнения строительных работ. Строительная организация должна обеспечивать сохранность всех геодезических знаков в ходе земляных работ. Для этого она производит разбивку контуров земляных сооружений и закрепление главных осей. Производство земляных работ разрешается после выполнения геодезических разбивочных работ по выносу в натуре проекта земляных сооружений и установки необходимых разбивочных знаков (столбов – вне расположения земляных сооружений, резервов или кавальеров и кольев – на месте работ).

До начала производства земляных работ представители строительной организации совместно с представителями заказчика проверяют правильность разбивки сооружений в натуре и составляют соответствующий акт с приложением к нему разбивочных схем.

Разбивку котлована на местности начинают с закрепления кольями контуров его бровки и дна, используя для этого взаимно перпендикулярные крайние или центральные главные оси сооружения по разбивочной геодезической схеме и геометрические размеры котлована. После этого вокруг бу-

душего котлована на расстоянии 2 ... 3 м от бровки устанавливают *обноску*, состоящую из врытых в грунт металлических или деревянных стоек и прикрепленных к ним строго по одному уровню реек-досок. На верхнюю кромку досок выносят створы осей и закрепляют их гвоздями или рисками. Периодически натягивая по обноске осевые проволоки, с помощью отвесов контролируют точность отрывки котлована, в дальнейшем осевые проволоки используют для устройства основания сооружения. Горизонтальная плоскость верха реек позволяет (не прибегая к нивелиру) проверить отметку копания в любой части котлована.

Разбивку траншей для прокладки трубопроводов производят на основании геодезической разбивочной схемы, продольного и поперечного профилей. Закрепление на местности оси трассы производят вехами (длина 2 ... 2,5 м), забиваемыми в грунт через 10 м на прямых и 5 м на кривых участках, а также в углах поворота трассы и местах расположения колодцев. Иногда оси закрепляют на поперечию установленных обносок. Рейки на обносках устанавливаются по нивелиру параллельно линии уклона траншеи. На рейке размечается ширина траншеи поверху и понизу. В процессе отрывки уровень дна траншеи между смежными обносками контролируют с помощью *ходовой визирки*.

При разработке подводных выемок (траншей), например при прокладке трубопроводов через водные преграды (дюкеры), самотечных линий водозаборов и т.п., в составе геодезических разбивочных работ устанавливают: для симметричных выемок – продольную осевую линию, а для выемок несимметричных – одну из бровок и ее дополнительные оси (в зависимости от конфигурации выемки). При этом знаки, закрепляющие плановое и высотное положение указанных осей и бровок, устанавливают на берегу, вне зоны строительных работ, складирования и транспортирования материалов (труб) и обязательно в местах, не подверженных осадкам, оползням, размыву и воздействию ледохода.

## **2.7. Организация водоотлива, водоотвода и искусственного понижения уровня грунтовых вод**

Водоотвод необходим для защиты котлованов и траншей от затопления их ливневыми и тальными водами. Для водоотвода обычно используют расположенные с нагорной стороны резервы, кавальеры, а также специально устанавливаемые оградительные обвалования, водоотводящие каналы, лотки и системы дренажей. Канавы или лотки устраивают с продольным уклоном 0,002 .. 0,003, а их размеры и виды креплений принимают в зависимости от расхода ливневых или тальных вод и предельных значений неразрывающих скоростей их течения. Воду из всех водоотводящих устройств, а также от резервов и кавальеров отводят в пониженные места, удаленные от возводимых и существующих сооружений.

**Водоотлив.** Предварительное осушение часто осуществляется при устройстве котлованов и траншей, поскольку большинство сооружений и сетей водоснабжения и водоотведения возводят либо в непосредственной близости от водоемов, либо в условиях обводненных и неустойчивых грунтов. Выемки (котлованы и траншеи) при небольшом притоке грунтовых вод разрабатывают с применением открытого водоотлива, а если приток значительный и толщина водонасыщенного слоя, подлежащего разработке, большая, то до начала производства работ уровень грунтовых вод (УГВ) искусственно понижают с использованием различных способов закрытого, т.е. грунтового, водоотлива, называемого еще строительным водопонижением.

Работы по строительному водопонижению во многом зависят от принятого метода механизированной разработки котлованов и траншей. В водопроводном строительстве обычно применяют два метода производства земляных работ: 1) разработку грунта сухоройными машинами и механизмами с предварительным его осушением; 2) разработку грунта средствами гидромеханизации с последующим осушением котлованов и траншей. Соответственно устанавливают очередность работ как по монтажу водоотливных и водопонижительных установок, их эксплуатации, так и по разработке котлованов и траншей. Например, если котлован размещен на берегу, в пределах поймы реки, то разработку его начинают только после монтажа водопонижительного оборудования, причем так, чтобы понижение уровня грунтовых вод опережало заглубление котлована на 1 ... 1,5 м. Если котлован расположен непосредственно в русле реки (при строительстве, например, водозабора или насосной станции первого подъема), то до работ по водопонижению котлован ограждают со стороны воды специальными дамбами (перемычками). Работы по осушению при этом складываются из удаления воды из отгороженного котлована и последующей откачки воды, фильтрующей в котлован. При углублении такого котлована необходимо организовать в нем глубинное понижение уровня грунтовых вод под всей его площадью. Правильное решение задач строительного водопонижения облегчает производство земляных работ и других работ по возведению сооружений в котлованах и прокладке трубопроводов в траншеях, повышает устойчивость их откосов.

**Начальное осушение котлованов** требуется после ограждения их перемычками. При этом объем воды, подлежащей откачке,

$$W = V + qt,$$

где  $V$  – объем воды в котловане,  $m^3$ ;  $q$  – приток воды в котлован,  $m^3/ч$ ;  $t$  – продолжительность осушения котлована, ч.

По величине объема начального водоотлива подбирают тип и количество насосных агрегатов. Обычно для откачки воды из неглубоких котлованов, когда глубина воды в них не превышает высоты всасывания, приме-

няют стационарные центробежные насосы, в том числе консольного типа К, размещаемые на перемышке, а при больших глубинах используют плавучие или передвижные насосные установки.

В процессе осушения котлована важно правильно выбрать скорость откачки воды, так как очень быстрое осушение может вызвать повреждение перемычек, откосов и дна котлована. Опыты показывают, что в первые дни откачки интенсивность понижения уровня воды в котлованах из крупнозернистых и скальных грунтов не должна превышать 0,5 ... 0,7 м/сут, из среднезернистых – 0,3 ... 0,4 м/сут и в котлованах из мелкозернистых грунтов 0,15 ... 0,2 м/сут. В дальнейшем откачку можно увеличить до 1 – 1,5 м/сут., но на последних 1,2 ... 2 м глубины откачку воды следует замедлить. Аварийное затопление котлована может привести к увеличению сроков строительства и повреждению котлована.

Открытый водоотлив предусматривает откачку притекающей воды непосредственно из котлована или траншей. Способ применим в скальных, обломочных, галечниковых и гравийных грунтах, устойчивых к фильтрационным деформациям. Открытый водоотлив часто применяют в сочетании с грунтовым водопонижением. При этом открытый водоотлив ис-

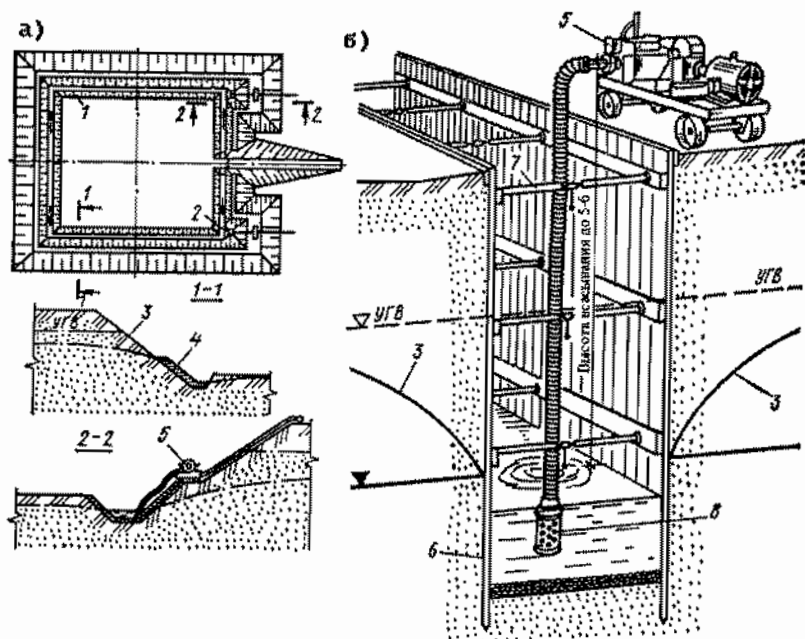


Рис. 2.6. Открытый водоотлив из котлована (а) и траншей (б): 1 - дренажная канава; 2 - приямок (зумпф); 3 - пониженный уровень грунтовых вод; 4 - дренажная пригрузка; 5 - насос; 6 - шпунтовое крепление; 7 - инвентарные распорки; 8 - всасывающий рукав с сеткой (фильтром)

пользуют для удаления из котлована вод поверхностного стока, а установки глубинного водопонижения – для понижения УГВ.

При открытом водоотливе грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водосборные канавы и по ним в прямки (зумпфы), откуда ее откачивают насосами (рис. 2.6, а). Водосборные канавы устраивают шириной по дну 0,3 ... 0,6 м и глубиной 1 ... 2 м с уклоном 0,01 ... 0,02 в сторону прямков. Размеры прямков в плане в целях удобства их очистки принимают 1х1 или 1,5х1,5 м, а глубину – от 2 до 5 м, в зависимости от требуемой глубины погружения водоприемного рукава насоса. Минимальные размеры прямка назначают из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 10 мин. Прямки в устойчивых грунтах крепят деревянным срубом из бревен (без дна), а в оплывающих – шпунтовой стенкой и на дне его устраивают обратный фильтр. Примерно также крепят траншеи в неустойчивых грунтах при использовании открытого водоотлива (рис. 2.6, б). Число прямков зависит от расчетного притока воды к котловану и производительности насосного оборудования.

Приток воды к котловану (или дебит) рассчитывают по формулам установившегося движения грунтовых вод. При расчетах для простоты считают, что котлованы имеют вертикальные откосы. В зависимости от гидравлического состояния водоносного пласта котлованы разрабатывают в условиях безнапорных (случай, наиболее часто встречающийся в практике) или напорных вод.

Для совершенных котлованов (когда их дно доходит до водоупора) приток воды (м<sup>3</sup>/сут) при безнапорном режиме рассчитывают по формуле Дюпюи

$$Q = 1,37kH^2 / 1g \frac{R + r_0}{r_0},$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;  $H$  – толщина безнапорного водоносного пласта, м;  $R$  – радиус депрессии, м;  $r_0$  – приведенный радиус котлована, м.

Значение приведенного радиуса для котлованов, имеющих в плане прямоугольную форму,

$$r_0 = \eta(L + B) / 4,$$

где  $\eta$  – коэффициент, зависящий от соотношения  $B/L$ ;  $L$  – длина котлована, м;  $B$  – ширина котлована, м.

$B/L$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\eta$	1	1,12	1,16	1,18	1,18	1,18

Для котлованов неправильной формы

$$r_0 = \sqrt{F/\pi},$$

где  $F$  – площадь реального котлована, м<sup>2</sup>.

Когда котлован не доходит до водоупора (исовершенные котлованы), приток воды в напорных условиях определяют по формуле В.М. Шестакова

$$Q = 2,73kmS / \lg \frac{R + r_0}{r_0} + 0,2 \frac{m}{r_0},$$

где  $m$  – толщина напорного водоносного пласта, м;  $S$  – заглубление дна котлована относительно неподвижного уровня грунтовых вод, м.

В случае притока к несовершенному котловану безнапорных вод его величину вычисляют по вышеприведенным формулам, рассматривая приток выше дна котлована как безнапорный к совершенному котловану, а поступающий через дно – как напорный.

Коэффициенты фильтрации отдельных слоев грунта определяют, как правило, в процессе инженерных гидрогеологических изысканий, но для предварительных расчетов можно воспользоваться следующими ориентировочными значениями  $k$ , м/сут: для галечника – 200; гравия – 100 ... 200; песка крупного и гравелистого – 50 ... 100; среднезернистого – 10 ... 25 и мелкозернистого – 2 ... 10; супесн – 0,2 ... 0,7; суглинка – 0,005 ... 0,4; глины – 0,005 и менее. Определив приток воды к котловану, уточняют тип и марку насосов, их количество. Чаще всего для водоотлива применяют центробежные насосы типа С, а для откачки загрязненной воды – самовсасывающие центробежные насосы этого же типа. Применяют также центробежные насосы консольного типа К (горизонтальные, одноступенчатые) и центробежные секционные насосы типа МС (для откачки чистой воды) и др. При глубине котлованов и траншей до 7 м применяют одиночные или спаренные диафрагмовые насосы, устанавливаемые на берме, которые могут откачивать загрязненные воды. При глубине выемок более 7 м применяют как напорные центробежные насосы, так и специальные напорные погружные насосы типа «Гном», способные откачивать загрязненные воды.

Насосы этого типа с герметически закрытым двигателем, опущенные на дно приямков, могут работать непрерывно практически без обслуживания и смазки.

Количество насосов или насосных установок для водоотлива

$$N_{н.у} = Q\varphi / П,$$

где  $Q$  – расчетный приток воды к котловану, м<sup>3</sup>/ч;  $\varphi$  – коэффициент резерва мощности насосных установок, равный 1,5;  $П$  – производительность насосной установки.

Системой насосных установок качают воду в водосборный коллектор и по нему отводят ее за пределы котлована. Открытый водоотвод – довольно эффективный и простой способ осушения котлованов и траншей. Однако возможно разрыхление или разжижение грунтов в основании и унос части грунта фильтрующейся водой.

Поэтому на практике во многих случаях чаще применяют различные способы искусственного понижения уровня грунтовых вод, т.е. грунтового водоотлива, исключающего просачивание воды через откосы и дно котлована.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод предполагает устройство системы дренажей, трубчатых колодцев, скважин, использование иглофильтров. Дренаж устраивают как для временного понижения уровня грунтовых вод (строительный дренаж), так и для водопонижения на длительный период, включающий эксплуатацию зданий и сооружений. Дренажи могут быть следующих типов: горизонтальный, трубчатый, пристенный, пластовый, вертикальный и комбинированный.

Среди остальных средств водопонижительного оборудования широко используются легкие иглофильтровые установки (ЛИУ), эжекторные водопонижительные установки (ЭВУ), системы скважин (СС) с артезианскими и глубинными насосами и установки вакуумного водопонижения (УВВ). Все перечисленные средства предусматривают забор воды из грунта через цепь расположенных скважин с трубчатыми водоприемниками, соединенных коллектором, насосы (насосные станции) для откачки воды и отводящий трубопровод.

Грунтовой водоотлив может быть применен в разнообразных гидрогеологических условиях, кроме того, он имеет ряд преимуществ перед открытым водоотливом: отпадает необходимость устраивать пологие откосы или шпунтовые ограждения, создаются благоприятные условия для широкой механизации строительных работ, сокращается продолжительность строительства, повышается качество.

Водопонижительные работы при грунтовом водоотливе могут осуществляться различными способами, в том числе с использованием легких и эжекторных иглофильтровых установок, открытых водопонижительных скважин. При осушении глинистых грунтов, когда вышеперечисленные способы водопонижения недостаточно эффективны, применяют специальные способы водопонижения – вакуумирование и электроосушение (электроосмос). Способ водопонижения и тип применяемого оборудования выбирают в зависимости от глубины разработки котлована (траншеи), инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки, сроков строительства, конструкции сооружения и технико-экономических показателей. Для такого выбора можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в табл. 2.7.

Расчет водопонижительных установок, расположенных по контуру котлована, начинают с определения притока воды к котловану  $Q$ , при котором в пределах заданного контура обеспечивается необходимое понижение УГВ (в безнапорных водах) или напора (в напорных водах). Приток воды ( $\text{м}^3/\text{сут}$ ) совершенных колодцев по периметру котлована в безнапорных водах

$$Q = 1,37k(H^2 - h_k^2) / \lg \frac{R+r_0}{r_0}$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации, м/сут;  $H$  – толщина безнапорного водоносного пласта или высота непониженного пьезометрического уровня над водоупором, м;  $h_k$  – высота понижения уровня грунтовых вод в центре осушаемого участка, считая от нижнего водоупора, м.

Таблица 2.7

### Выбор способов водопонижения

Характеристика грунта	Коэффициент фильтрации $k$ , м/сут	Рекомендуемые способы водопонижения при глубине понижения уровня грунтовых вод, м		
		до 4 ... 5	до 18 ... 20	свыше 20
Глина		Электроосусушение		
Суглинок	0,005 ... 0,4	Легкие одноярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Буровые колодцы с артезианскими погружными насосами
Супеси	0,2 ... 0,7			
Песок: мелкозернистый мелкий средний крупный гравелистый	1,2 ... 2,0	Одноярусные ЛИУ	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	
	2,0 ... 10,0			
	10,5 ... 25,0	Буровые скважины с центробежными насосами		
	25,0 ... 75,0			
50 ... 100		Буровые скважины с погружными насосами		
Гравий: с песком чистый	75 ... 150	Поверхностный водоотлив		
	100 ... 200			

Глубина воды в колодцах, м,

$$h_0 = \sqrt{h_k^2 - 0,73 \frac{Q}{nk} \lg \frac{r_0}{nr_0}}$$

где  $n$  – число колодцев (скважин).

Аналогично, общий дебит совершенных колодцев, расположенных по периметру котлованов, разрабатываемых в напорных пластах,

$$Q = 2,73km(H - h_k) / \lg \frac{R+r_0}{r_0}$$

где  $m$  – толщина напорного водоносного слоя, м.

Глубина воды в колодцах при этом

$$h_0 = h_k - 0,37 \frac{Q}{knm} \lg \frac{r_0}{nr_0}$$



Далее задачу расчета контурной водопонижительной установки решают методом подбора. Вначале задаются некоторым числом скважин  $n$  и понижением уровня воды в них и по вышеприведенным формулам определяют общий дебит  $Q$  и каждой скважины  $Q' = Q/n$ . Затем по формулам для  $h_0$  находят высоту пониженного уровня в центре котлована или *траншеи*. Варьируя числом скважин и понижениями, выбирают такую схему, при которой в центре осушаемого участка достигается заданное положение уровня грунтовых вод.

Грунтовой водоотлив или искусственное водопонижение осуществляют, когда осушаемые породы имеют достаточную водопроницаемость, характеризующуюся коэффициентами фильтрации (обычно не менее 1...2 м/сут). Применить его в грунтах с коэффициентами фильтрации менее 1...2 м/сут нельзя из-за малых скоростей движения грунтовых вод. В этих случаях используют вакуумирование или способ электроосушения (электроосмос). Для водопонижения в грунтах с коэффициентом фильтрации 1...40 м/сут (особенно при большой толщине водоносного слоя и длительных сроках откачки) – скважины большого диаметра с артезианскими или погруженными насосами. В грунтах с небольшими коэффициентами фильтрации и при близком залегании водоупора от дна котлована применяют эжекторные иглофильтры.

*Иглофильтровый способ* предусматривает использование для откачки воды из грунта часто расположенных скважин с трубчатыми водоприемниками малого диаметра – иглофильтров, соединенных общим всасывающим коллектором с общей (для группы иглофильтров) насосной станцией. Для искусственного понижения УГВ на глубину 4...5 м в песчаных грунтах применяют легкие иглофильтровые установки (ЛИУ). При этом для осушения траншей шириной до 4,5 м используют однорядные иглофильтровые установки (рис. 2.7, а), а при устройстве более широких траншей (например, для прокладки коллекторов) – двухрядные (рис. 2.7, б). Для осушения котлованов применяют замкнутые по контуру установки (рис. 2.7, в). При необходимости понижения уровня воды на глубину более 5 м применяют двух- и трехъярусные иглофильтровые установки (рис. 2.7, г).

В этом случае вначале вводят в действие первый (верхний) ярус иглофильтров и под его защитой отрывают верхний уступ котлована, после чего монтируют второй (нижний) ярус иглофильтров и отрывают второй уступ котлована и т.д. После ввода в действие каждого последующего яруса иглофильтров предыдущие можно отключать и демонтировать. Применение иглофильтров может оказаться эффективным и для водопонижения в слабопроницаемых грунтах, если под ними залегает более водопроницаемый слой. При этом иглофильтры заглубляют в нижний слой (рис. 2.7, д) с обязательной их обсыпкой.

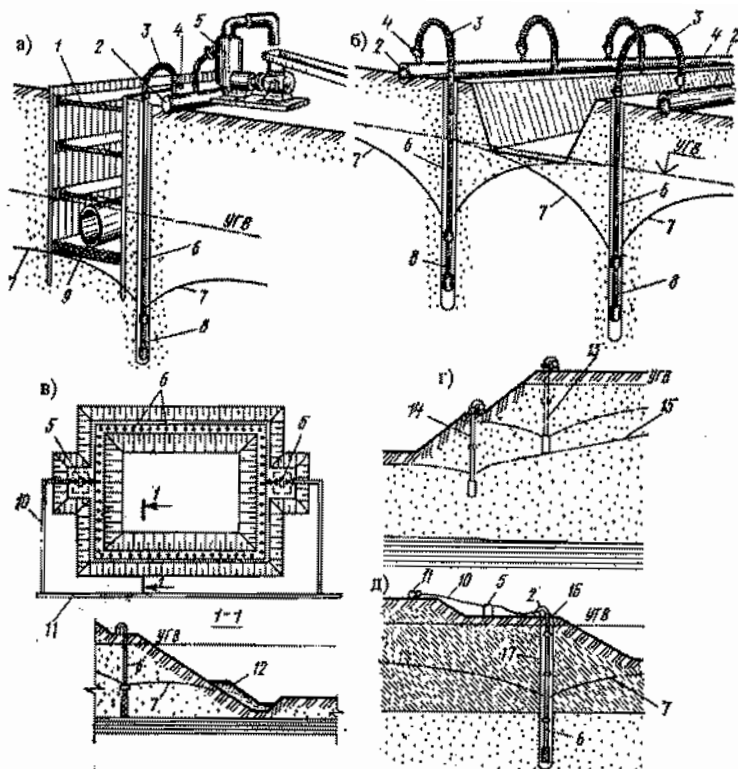
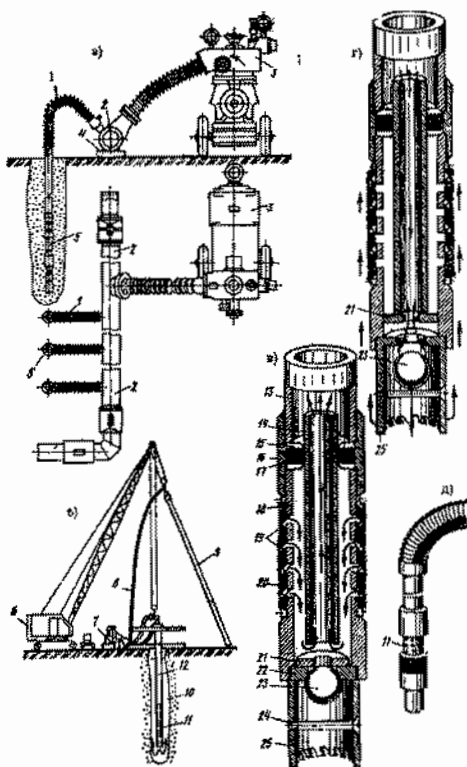


Рис. 2.7. Водопонижение легкими иглофильтровыми установками (ЛНУ): 1 - траншея с креплениями; 2 - всасывающий коллектор; 3 - соединительные патрубки (шланги); 4 - край или вентиль; 5 - насосный агрегат; 6 - иглофильтры; 7 - пониженный уровень грунтовых вод; 8 - водоприемное фильтровое звено иглофильтра; 9 - проложенный трубопровод в траншее; 10 - напорный трубопровод; 11 - сборный трубопровод; 12 - дренажная пригрузка; 13 - иглофильтры верхнего яруса; 14 - то же, нижнего яруса; 15 - конечное положение депрессионной поверхности грунтовых вод; 16 - глиняный тампон; 17 - песчано-гравийная обсыпка

Легкие иглофильтровые установки (рис. 2.8,а) помимо иглофильтров включают также водосборный коллектор, объединяющий их в одну водопонижительную систему, центробежные насосные агрегаты и отводящий трубопровод. Иглофильтр (см рис. 2.8, д) состоит из фильтрового звена, через которое из грунта поступает вода, надфильтровой колонны (трубы) и наконечника с зубчатой коронкой. К надфильтровой стальной трубе диаметром 50 мм и длиной 7 ... 8,5 м внизу присоединяют фильтровое звено, а сверху – гибкий рукав. Фильтровое звено длиной 1,25 м состоит из двух труб (рис. 2.8, в, г): внутренней сплошной диаметром 38 мм и наружной диаметром 50 мм с отверстиями. Наружная труба обернута фильтрующей и за-

щитной сеткой и выполнена внизу в виде наконечника, внутри которого размещается кольцевой и шаровой клапаны.

Рис. 2.8. Оборудование легких иглофильтровых установок: а - общий вид иглофильтровой установки; б - погружение иглофильтра; в - водоприемное фильтровое звено иглофильтра в процессе откачки воды; г - то же, при гидравлическом погружении иглофильтра; д - иглофильтр в собранном виде; 1 - гибкое соединение иглофильтра со всасывающим коллектором 2; 3 - насосный агрегат; 4 - опора; 5 - иглофильтры; 6 - кран; 7 - коллектор; 8 - шланг; 9 - колонна для наращивания; 10 - скважина; 11 - фильтровое звено иглофильтра; 12 - надфильтровая труба; 13 - конец надфильтровой трубы; 14 - внутренняя труба; 15 - шайба; 16 - муфта; 17 - резиновое кольцо; 18 - наружная перфорированная труба; 19 - проволоочная обмотка; 20 - сетка; 21 - кольцевой клапан; 22 - седло клапана; 23 - шаровой клапан; 24 - ограничитель; 25 - наконечник с зубчатой коронкой



Погружают легкие иглофильтры на глубину 7 ... 8 м чаще всего гидравлическим способом. При этом собранный иглофильтр с присоединенным к нему шлангом от насоса поднимают краном в вертикальное положение (см.рис.2.8, б), после чего включают насос. Вода, нагнетаемая по внутренней трубе иглофильтра (см. рис. 2.8, г), отталкивает шаровой клапан 23 (кольцевой клапан 21 при этом закрывает доступ в пространство между наружной и внутренней трубами) и поступает к наконечнику 25, выйдя из которого с большой скоростью размывает грунт. В результате образуется скважина, в которую опускают иглофильтр. Расстояния между иглофильтрами принимают в зависимости от схемы их расположения (кольцевой или линейной), глубины водопонижения, типа насосного агрегата и гидрогеологических условий, но обычно эти расстояния равны 0,75; 1,5, а иногда и 3 м.

Откачку воды из системы с легкими иглофильтрами производят насосным агрегатом, состоящим из центробежного насоса, соединенного с ва-

куум-насосом или вихревым самовсасывающим насосом. При откачке воды шаровой клапан 23 иглофильтра (см. рис. 2.8, в) под влиянием вакуума поднимается, а кольцевой клапан 21 опускается, грунтовая вода поступает во внутреннюю трубу через отверстия наружной трубы фильтра.

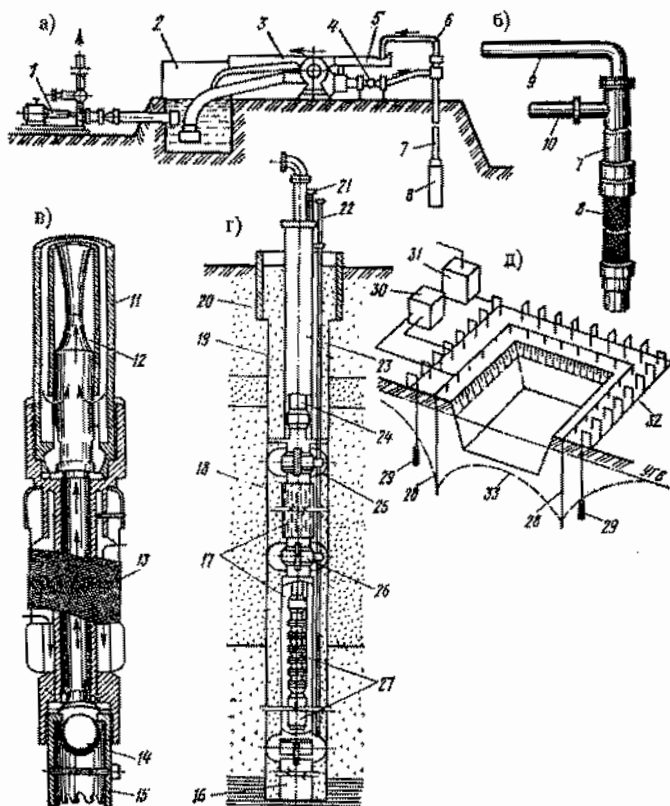
На практике применяют легкие иглофильтровые установки различных типов, но наибольшее распространение получили ЛИУ-3, ЛИУ-5 и ЛИУ-6 производительностью соответственно 60, 120 и 140 м<sup>3</sup>/ч с комплектом 60 ... 100 иглофильтров. Установки ЛИУ отличаются мобильностью, возможностью быстро погружать иглофильтры в грунт в собранном виде, отсутствием в скважинах механизмов с движущимися частями, простотой и надежностью в эксплуатации. Эффективность работы таких установок в значительной мере зависит от степени герметичности соединений иглофильтров с коллектором и всасывающей способности (вакуумметрической высоты всасывания) применяемых насосов (для обслуживания ЛИУ необходимы насосы с высотой всасывания 8 м).

Эжекторные иглофильтровые установки (ЭИУ) (рис. 2.9, а) откачивают воду из скважин с помощью водоструйных насосов-эжекторов, работающих по принципу передачи энергии одним потоком воды другому. ЭИУ используются для понижения УГВ одним ярусом на глубину от 8 до 20 м в грунтах с  $k \geq 2 \dots 3$  м/сут. Установки состоят из иглофильтров с эжекторными водоподъемниками (рис. 2.9, б), распределительного трубопровода (коллектора) и центробежных насосов. Эжекторные водоподъемники, помещенные внутри иглофильтров (рис. 2.9, в), приводятся в действие струей рабочей воды, нагнетаемой в них насосом под давлением 0,6 ... 1,0 МПа через коллектор. Рабочая вода поступает в кольцевой зазор между внутренней и наружной колонной труб иглофильтра и далее к входному окну эжектора 12, состоящего из насадки, камеры смещения, горловины и диффузора. Рабочая вода, выходя из насадки с большой скоростью, вследствие внезапного расширения струи создает разрежение, подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду, смешиваясь с ней, и подает ее вверх. Как видно из схемы эжекторной установки (см. рис. 2.9, а), вода, выбрасываемая из иглофильтров, поступает в лоток и затем сливается в циркуляционный резервуар, откуда часть воды вновь засасывается насосом, а остальная часть сбрасывается за пределы строительной площадки.

Эжекторный иглофильтр (см. рис. 2.9, б) состоит из надфильтровых труб диаметром 2,5 (ЭИ-2,5) или 4 дюйма (ЭИ-4), фильтрового звена (см. рис. 2.9, в) из внутренних колонн водоподъемных труб, к нижнему концу которых прикреплен эжекторный водоподъемник. Производительность эжекторных иглофильтров ЭИ-2,5 и ЭИ-4 при напоре рабочей воды 0,6 ... 1 МПа составляет соответственно 0,1 ... 1,8 и 2,9 ... 5,1 л/с.

Погружают эжекторные иглофильтры, так же как и легкие, гидравлическим способом. Воду при этом нагнетают насосом через верхний конец отводящей трубы 9 (при погружении иглофильтров в полностью собранном

виде) или через муфты (при погружении труб отдельными звеньями). Расстояние между иглофильтрами определяется расчетом, но в среднем оно равно 5 ... 15 м. Эжекторные иглофильтры в песчаных и гравелистых грунтах работают надежно, без обсыпки их фильтрующими материалами, а в мелкозернистых грунтах такая обсыпка необходима.



**Рис. 2.9.** Водопонижение эжекторными иглофильтрами, водопонижительными скважинами и электрососотическим способом: 1 - низконапорный насос; 2 - циркуляционный резервуар; 3 - высоконапорный насос; 4 - распределительный трубопровод; 5 - сливной лоток; 6 - трубопровод; 7 - эжекторный иглофильтр; 8 - водоприемное фильтровое звено; 9 - водоотводящая труба; 10 - труба от насоса; 11 - наружная труба; 12 - диффузор с насадкой; 13 - сетка; 14 - шаровой клапан; 15 - наконечник с зубчатой коронкой; 16 - отстойник; 17 - просеченный лист; 18 - песчано-гравийная обсыпка; 19 - местный песчаный грунт; 20 - кондуктор; 21 - пьезометр для замера уровня воды в скважине; 22 - то же, в обсыпке; 23 - надфильтровая труба; 24 - водоподъемные трубы; 25 - направляющие фонари; 26 - муфта; 27 - насосный агрегат; 28 - трубы-аноды; 29 - иглофильтры-катоды; 30 - двигатель-генератор; 31 - насосный агрегат; 32 - всасывающий коллектор; 33 - пониженный уровень грунтовых вод

Выбор оборудования иглофильтровых установок, а также типа и числа насосных агрегатов производят в зависимости от величины ожидае-

мого притока грунтовых вод  $Q$  и требований ограничения длины коллектора, обслуживаемого одним насосом. Для подачи рабочей воды в иглофильтры применяют центробежные насосы типа НДВ, НДС и МС, а для сброса воды из циркуляционного резервуара или для подачи воды в распределительный трубопровод – центробежные консольные насосы типа К. Распределительный (напорный) трубопровод собирают из звеньев стальных труб с приваренными патрубками для присоединения иглофильтров и высоконапорного насоса. При большом числе иглофильтров и значительной длине трубопровода его делают переменного сечения с уменьшением диаметра по мере удаления от насоса точек присоединения иглофильтров. Откачиваемую воду отводят по трубопроводу из фанерных труб, водоотводящим деревянным лоткам и только в особых случаях по напорному трубопроводу из стальных труб.

**Электроосмотическое водопонижение или электроосушение** основано на использовании в целях усиления эффекта водоотдачи явления электроосмоса, т.е. способности воды двигаться под воздействием поля постоянного тока в порах грунта от анода к катоду. Его используют в слабопроницаемых (глинистых, илистых, сулинных) грунтах, имеющих коэффициенты фильтрации менее  $1 \text{ м/сут}$  при ширине котлована до  $40 \text{ м}$ . При этом вначале по периметру котлована на расстоянии  $1,5 \text{ м}$  от его бровки и с шагом  $0,75 \dots 1,5 \text{ м}$  погружают иглофильтры-катоды, соединенные с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а затем с внутренней стороны контура этих иглофильтров на расстоянии  $0,8 \text{ м}$  от них с таким же шагом, но со смещением, т.е. в шахматном порядке, погружают стальные трубы или стержни-аноды, соединенные с положительным полюсом (см. рис. 2.9, д). Причем и иглофильтры, и трубы (стержни) погружают на  $3 \text{ м}$  ниже необходимого уровня водопонижения. Рабочее напряжение системы, исходя из требований техники электробезопасности, не должно превышать  $40 \dots 60 \text{ В}$ .

При пропускании тока вода, заключенная в порах грунта, передвигается от анода к катоду, благодаря чему коэффициент фильтрации его возрастает в  $5 \dots 25$  раз, а уровень напора в массиве грунта снижается, что в целом значительно повышает эффективность работы иглофильтровой установки. Источником постоянного тока служат сварочные агрегаты или передвижные преобразователи. В качестве иглофильтров-катодов используют иглофильтры установок ЛИУ-2, ЛИУ-3, ЛИУ-6, а также установок вакуумного понижения УВВ-1м, УВВ-2 и ЭВВУ. Котлованы начинают разрабатывать обычно через трое суток после включения системы электроосушения, а в дальнейшем работы в котловане можно вести при работе этой системы.

**Открытые (соединяющиеся с атмосферой) водопонижительные скважины**, оборудованные насосами, применяют в тех случаях, когда требуются большие глубины понижения УГВ, а также когда использование иглофильтров затруднительно из-за больших притоков, необходимости осу-

шения больших площадей и стесненности территории. Основным конструктивным элементом скважины-колодца является фильтровая колонна (см. рис. 2.9, г), состоящая из фильтра, отстойника, иадфильтровых труб, внутри которых размещен насос. Трубчатый колодец устраивают путем погружения стальных труб диаметром 200 - 450 мм, имеющих внизу фильтровое звено длиной 15 ... 27 м. В твердых грунтах колодцы погружают способом механического бурения, а в грунтах, поддающихся размыву, - гидравлическим способом. Для откачки воды из скважины применяют артезианские турбинные насосы типа АТН, а также глубинные насосы погружного типа (с погружным электродвигателем). По сравнению с насосом АТН последние имеют ряд преимуществ: отсутствует длинный вал от двигателя к насосу (поэтому они могут быть использованы в искривленных скважинах), они более компактны и имеют меньшую массу, их легче монтировать и демонтировать, они проще в эксплуатации. Кроме того, используют погружные высоконапорные насосы типа АПВ, погружные насосы ЭЦНВ-8 и ЭЦНВ-10.

**Вакуумный способ водопонижения**, при котором в зоне иглофильтра создается устойчивый вакуум, применяют для осушения мелкозернистых грунтов (пылеватых и глинистых песков, супесей, легких суглинков, илов, лессов), имеющих малые коэффициенты фильтрации (0,01 ... 3 м/сут). При необходимости понижения УГВ до 7 м применяют установки вакуумного водопонижения типа УВВ с легкими иглофильтрами, снабженными воздушными трубками, а при глубине понижения до 10 ... 12 м - эжекторными иглофильтрами с обсыпкой. Эжекторные вакуумные водопонижительные установки типа ЭВВУ с вакуумными концентрическими скважинами позволяют достигать понижения уровня грунтовых вод до 20 ... 22 м.

В установках УВВ для создания во всасывающем коллекторе устойчивого вакуума применяют водовоздушный эжектор, а для откачки воды - водо-водяной эжектор. Они питаются рабочей водой, поступающей от центробежного насоса. В установках ЭВВУ, применяемых для водопонижения в сложных гидрогеологических условиях (слабопроницаемые, слоистые грунты различной проницаемости), используют эжекторы с концентрическим водоприемником. Благодаря наличию кольцевого вакуумного зазора между фильтровой оболочкой и концентрически расположенным в ней эжекторным водоподъемником он имеет непосредственный контакт со всеми осушаемыми слоями грунта. Одна такая установка, включающая 30 вакуумных концентрических водоприемников для осушения слоистых грунтов, циркуляционный резервуар, основной и резервный насосы, иапорно-распределительный трубопровод, сливной и сбросной коллекторы, защищает 90 м периметра котлована от притока грунтовых вод.

При работе установки ЭВВУ из циркулярного резервуара вода насосом под давлением через распределительный трубопровод подается в межтрубное пространство эжектора. Вытекая с большой скоростью из сопла иасадки в горловине диффузора, она вследствие внезапного расширения

струи создает разрежение. При этом расположенная между насадкой и горловиной диффузора вакуумная зона сообщается с внутренней полостью фильтра. Вода, засасываемая вакуумом из грунта в эту полость, попадает вместе с рабочей водой в сливной коллектор. Часть воды отводится за пределы строительной площадки, а другая часть вновь поступает в насос для питания эжекторов. При прокладке в сложных гидрогеологических условиях трубопроводов и коллекторов применяют эффективные передвижные установки вакуумного водопонижения (рис. 2.10) типа УВГ-1, ПУВВ-1 и др.

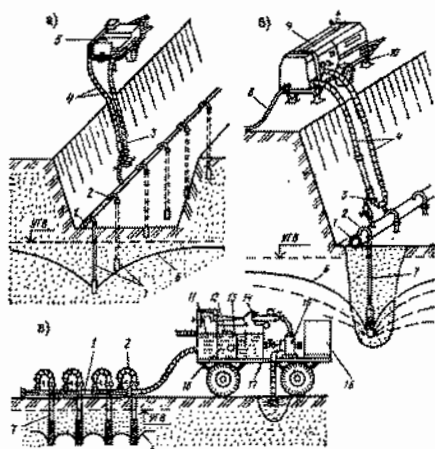


Рис. 2.10. Передвижные установки вакуумного водопонижения: а - схема водопонижения с помощью установки ПУВВ-1М; б - то же, установки ПУВВ-3Д; в - установка ПУВВ-4; 1 - водосборный коллектор; 2 - соединительный рукав; 3 - водоструйный насос; 4 - рукава; 5 - передвижной насосный агрегат; 6 - кривая депрессии; 7 - яглофильтры; 8 - сборный рукав; 9 - приводная станция; 10 - опоры; 11 - распределительная камера; 12 - датчик уровня; 13 - вакуумная камера; 14 - агрегат водоструйного насоса; 15 - центробежный насос; 16 - двигатель внутреннего сгорания; 17 - кодовая часть; 18 - клапан

## 2.8. Способы искусственного закрепления и замораживания грунтов

Закрепление грунтов производят в целях повышения их прочности и устойчивости или придания им водонепроницаемости. Для этого используют способы цементации, глинизации, битумизации, силикатизации, смолизации и термического закрепления. В сложных гидрогеологических условиях применяют искусственное замораживание грунтов.

**Цементацию, глинизацию, битумизацию трещиноватых скальных, а также песчаных и гравелистых грунтов производят путем нагнетания в них заполняющих (тампонажных) растворов через инъекторы, установленные в пробуренных скважинах.**

Для цементации применяют специальные составы цементных, цементно-песчаных или цементно-глинистых тампонажных растворов с использованием портландцемента марки не ниже 300, а для глинизации – глиносиликатиые и бентонито-силикатные растворы. Нагнетают цементационные и глинистые растворы под давлением до 10 МПа специальными насосами, а при давлении до 1,5 МПа – дифрагмовыми насосами. Способы производства работ при цементации и глинизации во многом зависят от характера закрепляемых грунтов.



Растворы в закрепляемые грунты нагнетают гидравлическим или пневматическим способом с использованием при первом из них насосов высокого давления, а при втором — компрессоров (нагнетание сжатым воздухом). Однако на практике чаще применяют гидравлический способ с нагнетанием раствора по циркуляционной и нажимной (бесциркуляционной) схемам. При циркуляционной схеме (рис. 2.11, а) раствор в скважину подают под давлением, часть которого поглощается трещинами, а избыток его возвращается из скважины в растворосмеситель. При нажимной схеме раствор в скважину попадает по мере его поглощения трещинами.

Битумизацию грунтов с нагнетанием горячего битума производят насосами в пробуренные скважины с помощью установленных в них иньекторов, обеспечивающих подогрев битума в стволе скважины. Битум нагнетают с постепенным увеличением давления, обычно в несколько циклов, с перерывами для остывания битума.

**Силикатизацию и смолизацию грунтов** производят путем нагнетания через систему иньекторов водных растворов силиката натрия или смолы с отвердителем. Этими способами закрепляют песчаные и просадочные грунты. В качестве иньекторов, погружаемых забивкой, используют стальные трубы диаметром 25 ... 50 мм. Иньектор состоит из наголовника, колонны глухих труб, перфорированного звена и накопечника (рис. 2.11, б). Для нагнетания растворов в грунт применяют плунжерные насосы типа ПС, НС, НД, шестеренчатые насосы типа БГ, а также пневматические установки непрерывного действия (рис. 2.11, в). При силикатизации лессовых грунтов раствор в скважины нагнетают растворонасосами.

Глубина нагнетания растворов зависит от способа погружения иньекторов, характера и степени однородности грунта. При силикатизации и смолизации песчаных грунтов растворы нагнетают вначале в первый ряд иньекторов, затем во второй и т.д., а в рядах нагнетание производят через один иньектор. При двухрастворной силикатизации жидкое стекло и раствор хлористого кальция нагнетают сначала в нечетные ряды иньекторов, а затем и четные. Каждый раствор нагнетают отдельным насосом; смешение их в баках, шлангах, насосах и иньекторах не допускается. Иньекторы после окончания работ извлекают из грунта гидравлическим домкратом или винтовым шарнирным станком.

**Термическое закрепление грунтов** осуществляют путем нагнетания в пробуренные скважины высокотемпературных газов. Способ применяют для упрочнения маловлажных просадочных грунтов. При этом необходимо соблюдать предусмотренные проектом температуру и давление в скважине, регулировать расход топлива и сжатого воздуха, а также наблюдать за состоянием стенок скважины и закреплением массива грунта. Максимальная температура в скважине не должна превышать 900 ... 1000°C. При образовании трещин в грунте их заделывают местным грунтом с плотным утрамбованием.

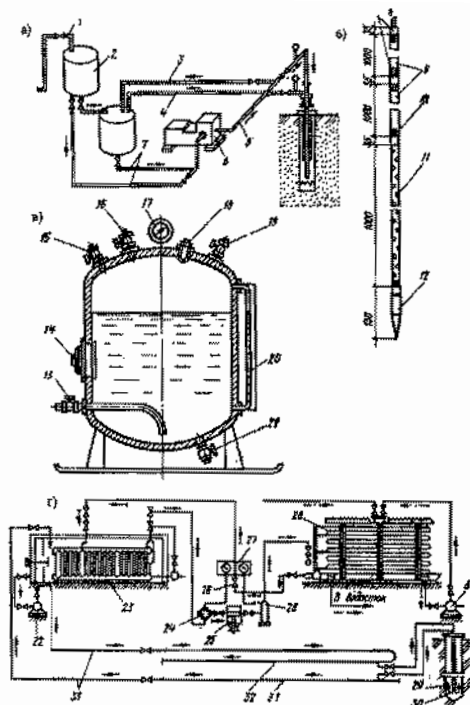


Рис. 2.11. Искусственное закрепление и замораживание грунтов: а - схема цементации грунтов; б - иньектор для силикатизации и смолизации грунтов; в - пневматическая установка непрерывного действия для силикатизации грунтов; г - схема замораживания грунтов; 1 - подача воды; 2 - растворосмеситель; 3 - возвратная труба при бесциркуляционном способе нагнетания; 4 - то же, при циркуляционном способе; 5 - нагнетательная труба; 6 - циркуляционный насос; 7 - всасывающие трубы; 8 - основной ниппель; 9 - глухое звено; 10 - переходной ниппель; 11 - перфорированное звено; 12 - наконечник; 13 - подача сжатого воздуха; 14 - люк; 15 - подача раствора к иньектору; 16 - вентиль регулирования давления; 17 - манометр; 18 - предохранительный клапан; 19 - подача рабочего раствора; 20 - водомерное стекло; 21 - контрольный вентиль; 22 - насос подачи рассола; 23 - испаритель; 24 - грязеуловитель; 25 - компрессор; 26 - маслоотделитель; 27 - манометрическая станция; 28 - конденсатор; 29 - замораживающая колонка; 30 - питающая труба; 31 - коллектор; 32 - распределитель; 33 - рассолопроводы

**Искусственное замораживание грунтов** заключается в создании искусственного прочного и водонепроницаемого ограждения любой формы в плане из замороженного грунта, препятствующего проникновению грунтовой воды, или водонасыщенных неустойчивых грунтов в котлован при производстве строительных работ. Для замораживания грунтов по периметру котлована через толщу водоносных грунтов бурят скважины с заглублением на 2 ... 3 м в водоупорный слой, а затем в скважины опускают замораживающие трубы (колонки), нижний конец которых герметически заварен в ви-

де конуса. В колонку опускают трубы меньшего диаметра (питающие) с открытым нижним концом, не доходящим до дна на 40 ... 50 см. Питающие трубы колонок подключают к специальным трубам – рассолопроводам, соединенным с замораживающей (холодильной) станцией. По трубам и колонкам циркулирует раствор хлористого кальция (рассол), обладающий способностью оставаться в жидком состоянии при отрицательных температурах (рис. 2.11, г). На замораживающей станции рассол охлаждают и насосом нагнетают в распределитель, откуда он равномерно распределяется по питающим трубам колонок. Достигнув дна колонки, рассол под давлением поднимается вверх по зазору между питающей трубой и замораживающей колонкой. При этом происходит теплообмен, т. е. рассол отнимает тепло у грунта, окружающего колонку, понижает его температуру и постепенно его замораживает. Затем рассол снова поступает в коллектор и на замораживающую станцию для нового охлаждения, и цикл повторяется. В результате вокруг каждой колонки образуются массивы замороженного грунта в виде цилиндра, объем которых в процессе дальнейшего замораживания увеличивается, и они, смерзаясь, образуют сплошной и замкнутый массив замороженного грунта вокруг котлована. Чтобы он не размораживался, холодильная станция должна работать в течение всего периода строительства.

В качестве хладагента в холодильных станциях используют в основном аммиак, редко фреон или жидкий азот. Толщину стен и объем ледогрунтового ограждения, а также мощность холодильной установки (станции) определяют статическим и теплотехническими расчетами в зависимости от размеров и очертания котлована, прочностных и других характеристик замораживаемого грунта. Расстояние между замораживающими колонками по периметру котлована принимают при одиорядном их расположении 1 ... 1,5 м, а между рядами (при многорядном расположении) – 2 ... 3 м. Все колонки перед пуском проверяют на герметичность гидравлическим испытанием при давлении до 25 МПа. Пространство между колонкой и стенками скважины заполняют песком, так как прослойки воздуха замедляют процесс замораживания грунтов.

Рассмотренные способы закрепления грунтов позволяют на продолжительное время (а при замораживании – на период строительства сооружений) значительно повысить устойчивость, прочность и водонепроницаемость грунтов и в целом значительно улучшить условия для производства работ в котлованах, а следовательно, устранить трудоемкие и дорогостоящие работы по водоотливу и водопонижению.

## **2.9. Основные способы разработки грунта землеройными и землеройно-транспортными машинами**

Разработку грунтов при устройстве выемок различного назначения выполняют в основном механическим, гидромеханическим, взрывным и комбинированным способами.

*Механический способ* разработки заключается в послойном разрушении грунта рабочим органом землеройной машины.

Последние подразделяются на машины циклического и непрерывного действия и землеройно-транспортные.

К землеройным машинам циклического действия относятся одноковшовые экскаваторы, оборудованные прямой или обратной лопатой, драглайном, погрузчиком и планировщиком, которые производят разработку грунта навывмет (выгрузку в отвал) или погрузку его в транспорт, зачистку и планировку дна и откосов траншей и котлованов.

Цельные и роторные экскаваторы относятся к землеройным машинам непрерывного действия, применяются для разработки грунта линейных выемок (траншей, канав) большой протяженности.

Землеройно-транспортными машинами являются бульдозеры, скреперы (самоходные и прицепные), грейдеры и грейдеры-элеваторы, выполняющие разработку грунта при устройстве выемок и насыпей большой протяженности, а также планировочные работы.

Механический способ является основным. Этим способом разрабатывают более 80% грунтов.

*Гидромеханический способ* предусматривает разработку грунтов гидромониторным, землесосным и комбинированным способами. При гидромониторных работах грунт в надводном забое разрушается под напором струи воды, выбрасываемой гидромонитором, затем образовавшаяся пульпа самотеком или грунтовым насосом подается к месту укладки. Землесосные работы выполняются в подводном забое землесосным снарядом, который разрабатывает грунт, всасывает и перекачивает его в виде пульпы к месту укладки. Комбинированный способ предусматривает разработку грунта в сухом забое любой землеройной машиной или в подводном забое черпаковой машиной, вода используется для транспортирования и укладки грунта. Комбинированный способ дает возможность подготовки оптимальных грунтовых смесей для намыва земляных сооружений требуемого качества.

*Взрывной способ* основывается на использовании энергии взрыва и применяется для разрушения и направленного выброса грунта. Применяется для разрыхления мерзлых и скальных грунтов, а также для образования выемок и насыпей больших размеров.

*Комбинированный способ* представляет собой любое сочетание вышеречисленных способов в зависимости от конкретных условий строительства и технико-экономического обоснования выбранного варианта.

## **2.10. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами.**

### **Расчет проходок экскаваторов с различным рабочим оборудованием**

Одноковшовыми экскаваторами разрабатывают около 45% всех грунтов. Машины имеют различное по виду и объему ковша рабочее оборудо-

дование, механический или гидравлический привод. На механических экскаваторах ковш жестко соединен с рукоятью и его движение осуществляется за счет напорного усилия рукоятью и за счет тягового усилия — канатами. У гидравлических экскаваторов движение ковша происходит за счет усилий штоков гидроцилиндров стрелы, рукоятки или ковша.

*Рабочее место экскаватора* — это зона его работы в пределах геометрических параметров рабочего оборудования, а также размеров площадки стоянки транспорта под погрузку грунта и укладки его в отвал при разработке павымет.

При возведении инженерных сооружений для разработки грунтов широко используют одиоковшовые экскаваторы с различным сменным оборудованием с ковшем вместимостью 0,25 ... 3,2 м<sup>3</sup>.

Способы разработки грунта одиоковшовыми экскаваторами определяют в основном вид применяемого на них сменного рабочего оборудования. Выбор способа зависит от размеров и объемов земляных сооружений, свойств грунта, наличия грунтовых вод, вечной мерзлоты и др.

При разработке широких котлованов с погрузкой грунта в транспортные средства (например, при строительстве отстойников, фильтров, резервуаров, азотенок и т.п.) чаще применяют экскаваторы, оборудованные прямой лопатой. Обратную лопату используют для разработки траншей, небольших котлованов с погрузкой грунта в транспортные средства или в отвал. Драглайн применяют для разработки котлованов, траншей и каналов, устройства насыпей из грунта резерва, а грейфер — для разработки глубоких котлованов с вертикальными стенками или подачи грунта при засышке пазух.

Пространство, в котором размещается экскаватор и производится выемка грунта, называют забоем. Его форма и размеры зависят от рабочих параметров экскаватора и принятой схемы разработки грунта (рис. 2.12).

**Разработка грунта экскаватором с прямой лопатой** во многом предопределяется особенностями его конструкции. Экскаватор перемещается по дну выемки, копает «от себя» снизу вверх с погрузкой разрабатываемого грунта на транспортные средства. Наиболее часто применяют экскаваторы с ковшами вместимостью 0,4 ... 2,5 м<sup>3</sup>. Вместимость ковша выбирают в зависимости от объемов работ, глубины котлована и характеристик грунта. Для наиболее полного заполнения ковша высота забоя должна быть не меньше трехкратной высоты ковша. Экскаваторы с прямой лопатой наиболее эффективно работают в сухих забоях, а в мокрых (при высоком уровне грунтовых вод) надо применять водоотвод или водопонижение. Выемку, образованную одним ходом экскаватора, называют *проходкой*. По характеру разработки грунта проходки могут быть *лобовыми (торцовыми)* и *боковыми*. При лобовой проходке экскаватор движется по оси выемки и разрабатывает грунт впереди себя и по обе стороны от оси, а при боковой с одной стороны по ходу движения. Характер проходки зависит от глубины и ширины

котлована и условий его разработки. Лобовыми проходками разрабатывают выемки на крутых склонах или когда глубина выемки не позволяет загружать транспортные средства, расположенные на берме выемки.

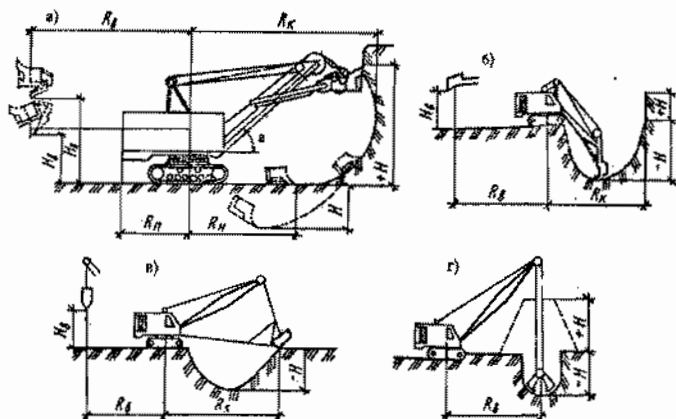


Рис. 2.12. Схемы забоев при работе экскаваторов с различным рабочим оборудованием: а - прямая лопата; б - обратная лопата; в - драглайн; г - грейфер;  $R_K$  - радиус копания или резания;  $R_B$  - радиус выгрузки;  $+H$  - высота копания;  $-H$  - глубина копания;  $H_B$  - высота выгрузки;  $R_H$  - радиус платформы (базы) экскаватора;  $R_H$  - радиус вначале копания на уровне стоянки экскаватора

Неширокие котлованы (шириной до  $1,5R$ ) разрабатывают лобовой проходкой с односторонней погрузкой в транспортные средства (рис. 2.13, а), при ширине котлована от  $1,5R$  до  $1,9R$  разработку ведут лобовой проходкой с двухсторонней подачей транспортных средств (рис. 2.13, б). Наибольшая ширина лобовой проходки поверху для экскаватора с прямой лопатой при движении его по прямой определяется по формуле

$$B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2},$$

где  $R_0$  - оптимальный радиус резания экскаватора;  $l_n$  - длина рабочей передвижки экскаватора.

Котлованы шириной от  $1,9R$  до  $2,5R$  разрабатывают уширенной лобовой проходкой с передвижкой экскаватора по зигзагу (рис. 2.13, в), а до  $3R$  - с передвижкой его поперек котлована (рис. 2.13, г), т.е. поперечно-торцевой проходкой. Широкие котлованы (более  $3,5R$ ) разрабатывают вначале лобовой, затем боковыми проходками (рис. 2.13, д). Наибольшая ширина проходки при этом равна:

$$\text{для зигзагообразной} - B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + 2R_c$$

$$\text{для поперечно-торцевой} - B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + 2n R_c$$

$$\text{для боковой} - B = \sqrt{R_0^2 - l_n^2} - mH + 0,7 R_c$$

где  $R_c$  – радиус резания на уровне стоянки;  $n$  – количество поперечных передвижек экскаватора;  $m$  – коэффициент откоса;  $H$  – высота забоя.

При глубине выемки (котлована), превышающей оптимальную высоту забоя, грунт разрабатывают по ярусам (уступам) в последовательности, определяемой профилем выемки.

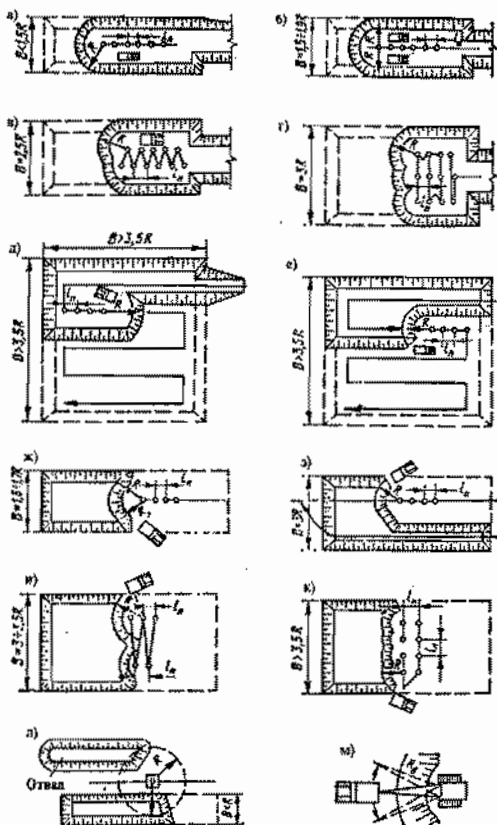


Рис. 2.13. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами при отрывке котлованов: а - лобовой проходкой экскаватора, оборудованного прямой лопатой с односторонней погрузкой в транспортную машину; б - то же, с двухсторонней погрузкой; в - уширенной лобовой проходкой с зигзагообразным перемещением экскаватора; г - то же, с перемещением экскаватора поперек котлована; д - боковой проходкой экскаватора, оборудованного прямой лопатой; в, ж, з - торцевой проходкой вдоль котлована экскаватором, оборудованным обратной лопатой; и, к - то же, при проходках поперек котлована; л - боковой проходкой; м - поперечно-челночной проходкой экскаватором-драглайном

Разработку грунта экскаваторами с обратной лопатой осуществляют торцевыми или боковыми проходами с перемещением экскаватора по верху забоя «на себя» с копанием грунта ниже уровня его стоянки (см. рис.2.13, е). Последняя особенность важна в тех случаях, когда грунты увлажненные или мокрые. Возможно также вести разработку грунта из-под воды. При этом в зависимости от ширины котлованов разработку грунта осуществляют с прямолинейной, зигзагообразной лобовой (рис.2.13, ж, з, и), поперечно-торцевой (рис.2.13, к) и боковой проходкой (рис.2.13, л).

Разработанный грунт обычно отсыпают в отвал на бровку и частично (излишки, ненужные для обратной засыпки) на транспорт. Ширину проходимки при погрузке грунта в транспортные средства принимают  $(1,2 \dots 1,3)R$ , а при отсыпке в отвал -  $(0,7 \dots 0,8)R$ , так как ограничивает вместимость отвала. При отрывке траншей разработку грунта рекомендуется начинать со стороны откоса к середине траншеи, что снижает сопротивление грунта резанию. Траншеи с шириной по дну до 1 м разрабатывают за одну проходку (торцовую) с перемещением экскаватора по оси траншеи.

**Экскаваторами-драглайнами**, имеющими удлиненную стрелу и ковш, свободно подвешенный на тросе, разрабатывают грунт с отсыпкой его в отвал или на транспортные средства при устройстве глубоких котлованов, каналов, траншей. Разработку грунта производят ниже уровня стоянки экскаватора с работой его «на себя»; ковш заполняют в процессе протаскивания его по грунту (рис.2.13, м). Широкие выемки разрабатывают за несколько лобовых проходок или применяют такие технологические приемы, как перемещение по зигзагу или поперечно-торцовую проходку, а также челночный способ работы экскаватора. При устройстве широких котлованов, а также насыпей из грунта резерва в ряде случаев применяют боковую проходку (см. рис.2.13, д), ширина которой составляет около  $(0,7 \dots 0,8)R$ , а поворот стрелы экскаватора для загрузки –  $180^\circ$ .

**Экскаватором с грейферным ковшом** вместимостью  $0,3 \dots 4 \text{ м}^3$ , свободно подвешенным на тросе, разрабатывают выемки в радиусе  $8 \dots 24 \text{ м}$  на глубине  $7 \dots 15 \text{ м}$  при подъеме грейфера на высоту  $6 \dots 14 \text{ м}$ . Обычно разрабатываются легкие грунты I и II групп, а более тяжелые – при их предварительном разрыхлении. Такие экскаваторы чаще всего применяют для разработки глубоких выемок с вертикальными стенками, например при устройстве опускных колодцев водозабора, заглубленных насосных станций и т.п.

## 2.11. Выбор одноковшового экскаватора для устройства выемок

Выбор экскаватора производят в зависимости от вида земляных работ на объекте. Первоначально тип экскаватора, требуемый для конкретного случая, устанавливают после изучения вида, размера, конфигурации и объема выемки, основных характеристик грунтов и трудоемкости их разработки; наличия и характера грунтовых вод и рекомендуемого способа понижения их уровня; технологических особенностей и условий выполнения земляных работ, а также с учетом области применения (вид и условия работы) сменного оборудования одноковшовых экскаваторов. Если окажется, что для выполнения одной и той же работы равнозначно подходят два, три и более типов сменного оборудования, то предпочтительно делать выбор в следующем порядке: прямая лопата, драглайн, обратная лопата, погрузчик и др.



Далее исходя из требований максимальной выработки механизма определяют необходимый объем ковша экскаватора. Выработка механизма в основном определяется продолжительностью рабочего цикла и количеством грунта, разрабатываемого за один цикл. Следовательно, при выборе экскаватора объем ковша должен быть максимальным, а время для его наполнения - минимальным. Выполнение этих требований в конкретных условиях обеспечивается, когда ковш определенного объема в процессе выработки грунта в откосе будет за одно движение наполняться с верхом в момент выхода его из забоя на поверхность. Такое наполнение ковша будет в основном зависеть от его объема, трудоемкости разработки грунта и глубины копания (при послойном резании грунта вдоль откоса). Эта взаимосвязь установлена опытным путем и приведена в табл. 2.8. и 2.9.

Таблица 2.8

**Наименьшая высота забоя,  $H_{з.м.}$ ,  
обеспечивающая наполнение ковша с верхом**

Тип экскаватора	Группа грунта	При вместимости ковша, м <sup>3</sup>							
		0,4	0,5	0,8	1	1,6	2	3	4
Прямая лопата	I, II	1,5	1,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
	III	2,5	2,5	3,5	4,5	4,5	4,5	5	5,5
	IV	3,0	3,5	5,5	6	6	6,5	6,5	7
Обратная лопата	I, II	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5	3	-	-
	III	1,8	2	2	3	3,5	4	-	-

Таблица 2.9

**Длина пути волочения ковша на откосе забоя,  $l_{нм.}$ ,  
обеспечивающая наполнение его с верхом**

Вместимость ковша драглайна, м <sup>3</sup>	Для групп разрабатываемого грунта		
	I - II	III	IV - V
0,4	3	4	4,5
0,8	4	5	5,5
1,0	4	5,5	6
1,5	5	6	6,5
2,5	5,5	7	8

Зная глубину разработки выемки ( $H$ ), группу грунтов и тип экскаватора, определяют наибольшую вместимость ковша. Учитывая особенности разработки грунта и наполнения ковша экскаватора с гидравлическим приводом, наименьшую высоту забоя можно принять выше на 30 ... 40%. В этом случае требуемую вместимость ковша определяют по табл. 2.8 исходя из условий величины глубины разработки.

Для определения наибольшей емкости ковша экскаватора-драглайна можно воспользоваться данными табл.2.9.

Сначала длину откоса  $l_H$  находят в зависимости от глубины выемки ( $H$ ) и угла естественного откоса для конкретной группы грунта. Затем для полученного значения  $l_H$  по табл. 2.9 выбирают ковш наибольшей вместимости. После этого в зависимости от типа экскаватора и вместимости ковша по справочникам выбирают марку экскаватора с учетом требований к радиусу и высоте выгрузки грунта и условий проходимости экскаватора.

## 2.12. Расчет транспортных средств для отвозки грунта

Для транспортировки грунта на расстояние свыше 0,5 км в комплекте с экскаватором могут быть использованы автосамосвалы, тракторы с прицепами и полуприцепами, рельсовый транспорт и др. Наибольшее распространение получили автосамосвалы, как наиболее маневренный и подвижный вид транспорта. Выбор способа транспортирования грунта и определение комплекта транспортных средств, требуемой грузоподъемности производят на основании технико-экономического сравнения вариантов. При этом в качестве экономического критерия могут быть приняты затраты на транспортировку грунта или суммарные затраты на экавацию и транспортировку, отнесенные к единице выработки.

Необходимую грузоподъемность транспортных средств определяют в зависимости от объема ковша экскаватора, расстояния перевозки и объема разработки грунта.

При этом стремятся, чтобы вместимость кузова выбранного автосамосвала была равна 3 ... 6 ковшам грунта.

Количество автосамосвалов или автопоездов  $N$ , необходимое для бесперебойной работы экскаватора,

$$N = \Pi_3 / (GnT),$$

где  $\Pi_3$  - эксплуатационная производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/смен;  $G$  - объем грунта, перевозимого автосамосвалом за один рейс, м<sup>3</sup>;  $T$  - число часов работы экскаватора в смену;  $n$  - число рейсов, ч;

$$n = 1/t_p = 1 / \left( \frac{2l}{v_r + v_n} + t_n + t_{раз} \right),$$

где 1 - один час;  $t_p$  - продолжительность рейса;  $l$  - расстояние от забоя до места выгрузки, км;  $v_r, v_n$  - скорость соответственно груженого и порожнего автосамосвала км/ч;  $t_n, t_{раз}$  - время погрузки и разгрузки с учетом маневровых операций, ч.

## 2.13. Отрывка траншей одноковшовыми и многоковшовыми экскаваторами

Способы разработки траншей различны. Траншеи отрывают многоковшовыми экскаваторами непрерывного действия и одиоковшовыми циклического действия. Более производительны многоковшовые экскаваторы.

Поэтому при необходимости отрывки траншей большой протяженности для магистральных водоводов технически и экономически целесообразнее использовать многоковшовые (цепные или роторные) экскаваторы непрерывного действия.

Способы разработки траншей могут быть однопроходными и многопроходными (последовательными). При первом способе полный профиль траншей разрабатывают за одну проходку механизма, а при втором – за несколько. Отвал (резерв) грунта при разработке траншей чаще всего размещают с левой стороны, а правую оставляют свободной для проезда и возможности выполнения сварочно-монтажных и изоляционных работ. Для предохранения стенок траншей от обрушения отвал грунта располагают на расстоянии 0,5 м и более от ближайшей бровки траншей.

Разработка траншей многоковшовым роторным экскаватором эффективна при их работе в связанных и сухих грунтах. В сыпучих и водонасыщенных грунтах неизбежны осыпания и обрушение стенок траншей, а в водонасыщенных, из-за прилипания грунта, производительность роторных экскаваторов резко падает. Поэтому траншеи в таких грунтах, а также местах переходов через естественные и искусственные препятствия, на криволинейных участках, в скальных грунтах (после предварительного рыхления) разрабатывают одноковшовыми экскаваторами с обратной лопатой. Причем разработку траншей ведут проходкой вдоль оси траншей лобовым забоем. Для разработки траншей в сильнообводненных, сыпучих и неустойчивых грунтах используют одноковшовые экскаваторы, оборудованные драглайном. При этом широкие траншеи с крутыми откосами стенок разрабатывают торцовым забоем, а при необходимости устройства, более удаленного от бровки траншей отвала грунта, – боковым забоем.

На практике возможны следующие четыре схемы разработки траншей одноковшовым экскаватором: 1) движение экскаватора по оси траншеи с односторонней выгрузкой грунта (рис. 2.14, а); 2) движение экскаватора параллельно оси траншеи со смещением в сторону отвала и односторонней выгрузкой грунта (рис. 2.14, б); 3) движение экскаватора по зигзагообразной схеме параллельно оси траншеи с двухсторонней выгрузкой грунта (рис. 2.14, в); 4) движение двух экскаваторов параллельно оси траншеи с двухсторонней выгрузкой грунта (рис. 2.14, г). С использованием первой и второй схем разрабатывают относительно неглубокие и неширокие траншеи. Причем выбор схемы в основном зависит от соотношения между радиусом выгрузки применяемого экскаватора  $R_g$  и требуемого радиуса выгрузки  $R_{g, \text{треб}}$ . Так, по первой схеме разрабатывают траншеи, если  $R_g = R_{g, \text{треб}}$ , а по второй – если  $R_g < R_{g, \text{треб}}$ . В первом случае ось движения экскаватора совпадает с осью траншеи (см. рис. 2.14, а), во втором она сдвинута в сторону отвала на расстояние  $c$ , равное  $R_{g, \text{треб}} - R_g$  (см. рис. 2.14, б). При этом должно подтвердиться условие равенства радиуса резания экскаватора  $R$

расстоянию от бровки траншеи со стороны, противоположной отвалу грунта, до оси движения экскаватора:

$$c + b_{\text{выл}} \geq R,$$

где  $b_{\text{выл}}$  – половина ширины траншеи поверху.

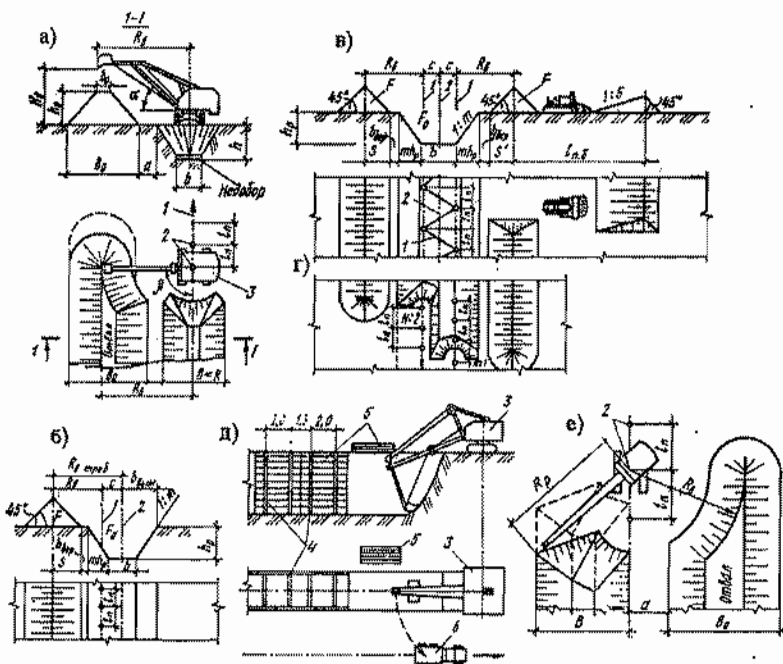


Рис. 2.14. Схемы разработки траншеи одноковшовыми экскаваторами: 1 - ось движения экскаватора; 2 - ось траншеи; 3 - экскаватор; 4 - винтовые распорки; 5 - крепления; 6 - автосвал

Третью схему разработки грунта с зигзагообразным перемещением экскаватора применяют при отрывке широких траншей, когда  $c + b_{\text{выл}} > R$ ,  $R_g \ll R_{g, \text{троб}}$  (см. рис.2.14, в). При больших объемах земляных работ в таких условиях разработку грунта можно осуществлять двумя параллельно работающими экскаваторами по четвертой схеме (см. рис. 2.14, г). Вынутый грунт по третьей и четвертой схемам укладывают по обе стороны траншеи. Для создания на одной из брем монтажной зоны по укладке трубопровода в комплект машин включают бульдозер, который перемещает грунт одного из отвалов в сторону от траншеи (см. рис. 2.14, в, г). При разработке траншеи боковой проходкой необходимо, чтобы соблюдалось равенство  $R_g$  и  $R_{g, \text{троб}}$  (см. рис.2.14, е) при условии, что ось перемещения экскаватора совпадает с направлением линии верхней бровки траншеи.

При разработке траншеи следует стремиться к полной ликвидации ручного труда при зачистке дна. Это достигается при рациональном рассто-

янии передвижения экскаватора, обеспечивающем минимальную высоту гребешков, которые также устраняют протаскиванием ковша по дну траншеи.

Одним из основных путей повышения производительности экскаватора и сокращения затрат ручного труда при отрывке траншей является обеспечение автоматического контроля глубины копания. В инструкции НИИпромстрой для этой цели разработаны гидростатические глубиномеры. При разработке траншей с применением глубиномера отпадает необходимость в установке неподвижных достаточно высоких визирок-обносков.

При прокладывании трубопроводов в условиях заболоченной или обводненной местности, на крутых склонах грунты в траншеях приходится разрабатывать, применяя ряд особых приемов и схем организации работ. В большинстве случаев траншеи в обводненной и заболоченной местности стараются отрывать в зимний период, когда грунт становится мерзлым, т.е. твердым, и его разрабатывают специальными методами. Если выполнение этих работ невозможно перенести на зимний период, то выполняют их летом, что сопряжено с большими трудностями.

Траншеи в этих условиях отрывают одноковшовыми экскаваторами, передвигающимися на сланях, пенах-волокушах, понтонах, а также на уширенных гусеницах. На болотистых участках с толщиной торфяного слоя

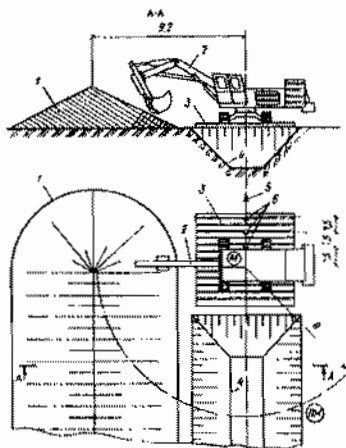


Рис. 2.15. Схемы разработки траншей одноковшовым экскаватором в условиях обводненной и заболоченной местности на сланях: 1 - отвал грунта; 2 - экскаватор; 3 - перекидные слани; 4 - траншея; 5 - ось движения экскаватора; 6 - места его стоянок при передвижении на сланях; М - машинист экскаватора; ПМ - помощник машиниста

более 1 м при его низкой несущей способности траншею разрабатывают экскаватором,двигающимся по сланям (рис. 2.15). В процессе работы экскаватор перекидывает слани с торца забоя в сторону хвостовой части поворотной платформы и укладывает их далее по оси траншеи. Для предотвращения сползания экскаватора со сланей гусеницы машины с наружной стороны крепят специальными шпорами.

Разработку траншей можно также вести экскаватором, расположенным на салазках из металлических труб, перемещаемых бульдозером, или

на пене-волокуше, представляющей собой корытообразную конструкцию из листового железа.

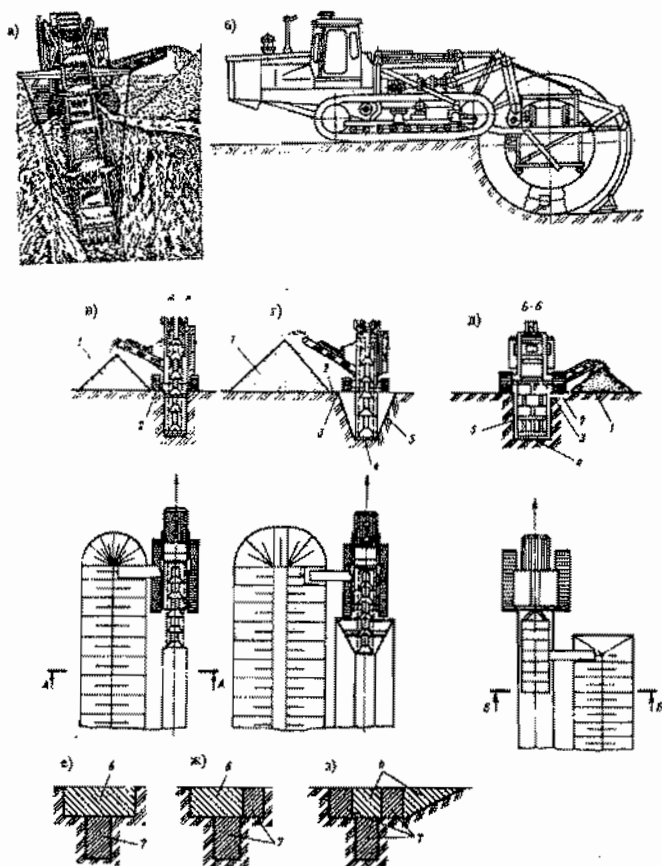


Рис. 2.16. Схемы разработки грунта при отрывке траншей многоковшовыми экскаваторами: а, г - цепными с откосообразователями; в - цепным; б, д - роторным; е, ж, з - комбинированные способы разработки глубоких траншей роторными экскаваторами и бульдозерами; 1 - отвал грунта; 2 - берма траншеи; 3 - бровка; 4 - дно траншеи; 5 - стенки траншеи; 6 - части траншеи, разрабатываемые бульдозером; 7 - то же, роторным экскаватором

При прокладке трубопровода в горных условиях траншеи отрывают экскаватором с его анкеркой или без, причем сверху вниз или снизу вверх. При разработке траншей без анкерки экскаватора необходимо проверить его устойчивость на скольжение.

Использование в качестве анкера бульдозера дает возможность применять его также для планировки грунта по ходу экскаватора.

Траншеи с вертикальными стенками отрывают чаще всего многоковшовыми экскаваторами, а также одноковшовыми с обратной лопатой

или реже драглайном на глубину до 3 м с последующим креплением стенок (см. рис. 2.14, д). При разработке траншей в слабых грунтах крепления устанавливаются сразу, т.е. вслед за экскаватором, а трубы опускают уже в закрепленные траншеи. Глубокие траншеи в неустойчивых грунтах в целях обеспечения безопасности работ отрывают в два этапа (яруса): сначала экскаватором роют траншею на допустимую глубину с вертикальными стенками, а затем, после установки крепления, углубляют траншею до нужной отметки вручную, удаляя грунт лопатами и легкими кранами или — при достаточных размерах траншеи — грейферным экскаватором, предохраняя распорки от ударов ковшом.

Многоковшовые траншейные экскаваторы по типу основного рабочего оборудования подразделяют на цепные и роторные. Цепные (рис. 2.16, а, в, г) целесообразно применять при разработке мягких грунтов, а роторные (рис. 2.16, б, д) — грунтов повышенной прочности, в том числе мерзлых. Экскаваторы, предназначенные для копания траншей глубиной более 2,5 м в сыпучих грунтах, оснащают дополнительным оборудованием для образования откосов (см. рис. 2.16, а, г).

В водопроводном строительстве наибольшее распространение получили скребокковые двухцепные экскаваторы (ЭГУ-354А, ЭПЦ-252 и др.), способные отрывать траншею глубиной до 4 м, шириной по дну 0,8 и 1,1 м и шириной поверху до 2,8 м в грунтах I ... III групп. Однако они недостаточно производительны. Поэтому для рытья траншей при строительстве магистральных водопроводов большой протяженности целесообразнее использовать более производительные и надежные в работе роторные экскаваторы, которые могут разрабатывать траншею глубиной до 2,5 м в грунтах I...IV групп, а также в мерзлых грунтах при глубине промерзания 1,1...1,5 м. Роторные экскаваторы допускают большие усилия на кромках зубьев ковша, чем цепные, а также более высокие скорости резания грунта, вследствие чего производительность их достигает 500 м<sup>3</sup>/ч.

Разработку траншей с вертикальными стенками роторными и цепными экскаваторами в связных грунтах (суглинках, глинах) для укладки трубопроводов плетями на глубину до 3 м можно производить без крепления. Траншею можно разрабатывать одним или одновременно несколькими роторными или цепными экскаваторами с выделением каждому из них захватки длиной 1 ... 5 км. Оставшиеся перемычки грунта между захватками разрабатывают одноковшовыми экскаваторами. Возможны также способы разработки траншей без перемычек. При первом из них для выхода экскаватора из траншеи применяют специальный настил, уложенный поперек, по которому экскаватор с поднятым в транспортное положение рабочим органом перемещается с разворотом и выходит из забоя для перехода на следующую захватку. При другом способе экскаваторы отрывают траншею парами. Когда второй экскаватор доходит до траншеи, разработанной первым, он полностью дорабатывает свою захватку и соединяет ее с первой, а затем на

транспортной скорости догоняет первый экскаватор, который выходит из траншеи, уступая свое место второму, а сам перемещается вперед и становится на новую захватку и т.д.

Если необходимо рытье траншей более глубоких, чем позволяют возможности выпускаемых многоковшовых экскаваторов, их отрываюот комбинированным способом в несколько этапов. Вначале до определенной глубины делают выемку с помощью бульдозеров или скреперов, а затем с использованием многоковшовых экскаваторов (см. рис. 2.16, е, ж, з).

#### **2.14. Производство земляных и планировочных работ скреперами и бульдозерами**

Скреперы и бульдозеры относятся к землеройно-транспортным машинам, предназначенным для послойного резания грунта, его перемещения, и также отсыпки с разравниванием и частичным уплотнением. Их используют при планировке площадок, разработке неглубоких выемок, обратной засыпке траншей с трубопроводами ( после их гидравлического испытания) и на подобных других работах.

**Разработка грунта скреперами.** Рабочий цикл скрепера состоит из ряда последовательно повторяющихся операций: резание грунта и наполнение ковша; транспортирование грунта к месту укладки; выгрузка и укладка грунта с частичным его уплотнением колесами скрепера (рис. 2.17, а). Толщина снимаемого слоя в зависимости от мощности тягача, типа скрепера и вида грунта может достигать 20 ... 35 см для прицепных и 30 .. 36 см для самоходных скреперов. Скреперами можно разрабатывать грунты I...III групп с каменистыми включениями до 300 ... 600 мм.

Эффективность работы скрепера, т.е. его производительность, находится в прямой зависимости от значений коэффициента наполнения ковша и продолжительности рабочего цикла. Указанный коэффициент, если загружать ковш с «шанкой», а время его загрузки можно сократить за счет рационального регулирования толщины срезаемого слоя, т.е. вначале загружать скрепер более толстой стружкой с постепенным ее уменьшением по мере заполнения ковша. Если на площадке работает несколько скреперов, то для сокращения времени их загрузки или для увеличения тягового усилия при наполнении ковша в плотных грунтах применяют трактор-толкач. В зависимости от вида и объема выполняемых работ осуществляют различные схемы движения скрепера в плане – по эллипсу, восьмеркой, зигзагообразное по спирали, попеременно-членичное и др. (рис. 2.18)

Самоходные скреперы, а также скреперы с мотор-колесами набирают грунт чаще всего с помощью трактора-толкача, оснащенного буфером-амортизатором. Такие скреперы целесообразно использовать в виде скреперных поездов из двух-трех машин, благодаря чему лучше, чем в одиночных скреперах, используется сцепной вес (ввиду большого числа ведущих колес).



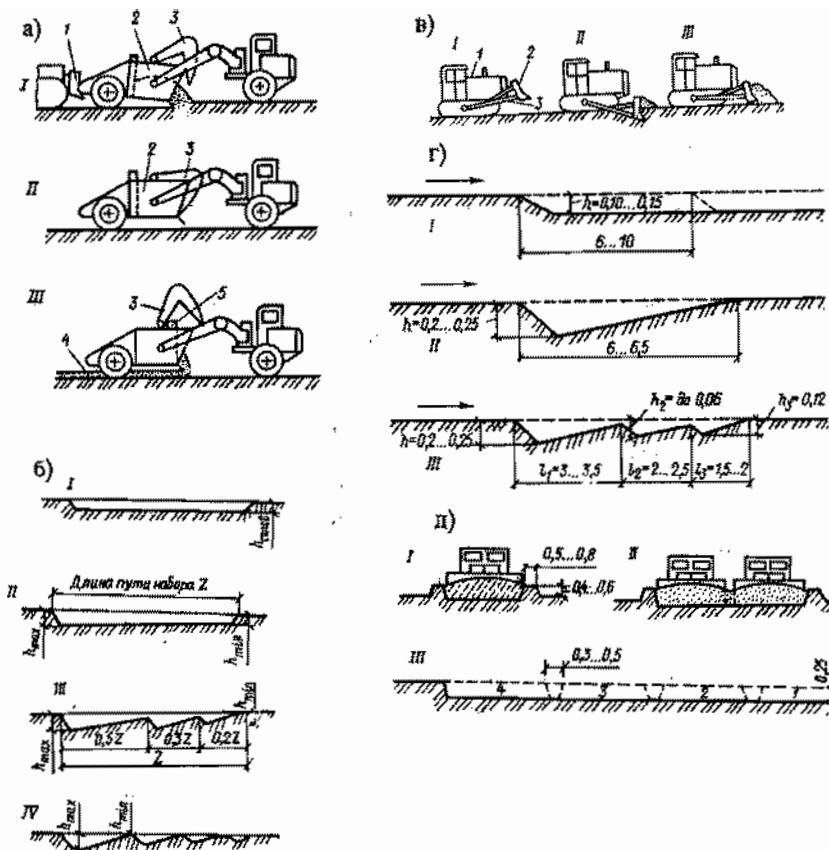


Рис. 2.17. Технологические схемы разработки грунта землеройно-транспортными машинами: а - операции рабочего цикла скрепера; I - резание грунта; II - транспортирование; III - разгрузка ковша; 1 - трактор-толкач; 2 - ковш; 3 - заслонка; 4 - отсыпaeмый слой грунта; 5 - подвижная задняя стенка; б - способы резания грунта скрепером: I - постоянной толщины; II - клиновой (общий); III - гребенчатый; IV - клевковый; в - основные рабочие операции бульдозера: I - транспортное положение; II - резание грунта; III - перемещение призмы грунта; г - способы резания грунта бульдозером: I - прямоугольный; II - клиновой; III - гребенчатый; д - схемы перемещений грунта бульдозером: I - траншейный; II - то же, при спаренной работе двух бульдозеров; III - однослойная

**Разработка грунта бульдозерами.** Бульдозеры применяют для полойного резания и продольного перемещения грунта на расстояние до 200 м (оптимальное расстояние транспортирования 70 ... 100 м). Ими можно разработать и перемешать легкие, средние и тяжелые (разрыхленные скальные и смерзшиеся) грунты. В водопроводном строительстве бульдозеры применяют для разработки котлованов небольшой глубины (до 2 м), рытья водоподводящих каналов и широких траншей, засыпки котлованов и траншей.

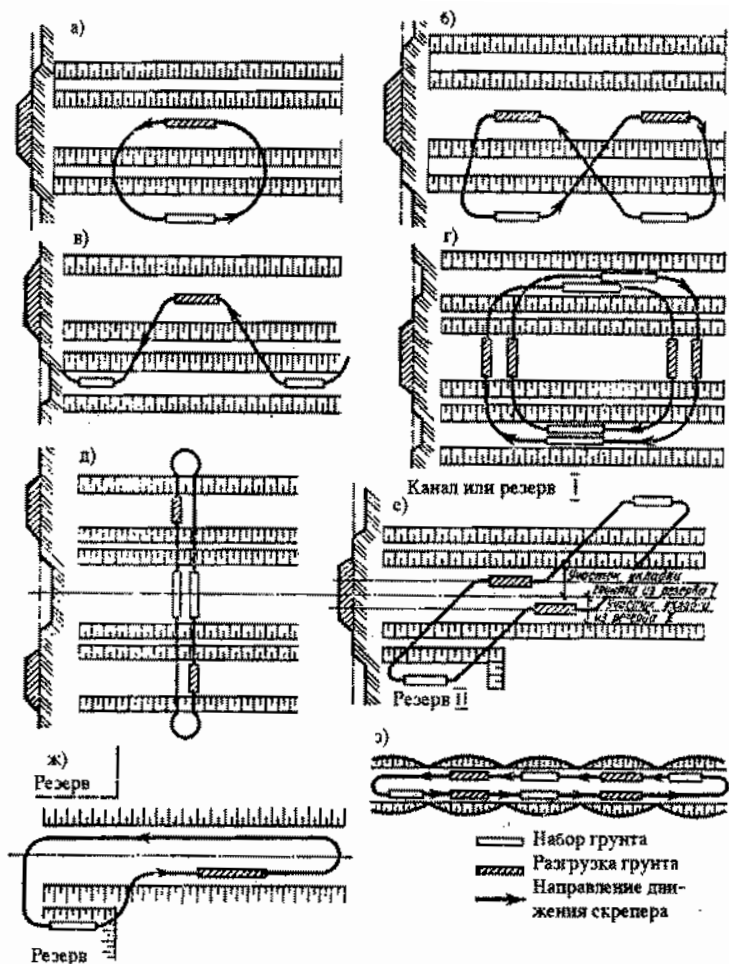


Рис. 2.18. Схемы разработки грунта скреперами: а - по эллипсу, б - по восьмерке; в - по зигзагу; г - по спирали; д - поперечно-челночное; е - продольно-челночное; ж - при расположении резервов или выемок с одного конца насыпи; з - при разработке выемок, чередующихся с насыпями

Наибольшая глубина резания бульдозерами колеблется от 20 до 60 см. При разработке грунта бульдозером, как правило, применяют траншейный способ, при котором между параллельными проходками бульдозера оставляют нетронутые грунтовые валы, окаймляющие траншеи и препятствующие потерям грунта. Эти валы срезают бульдозером в последнюю очередь. При перемещениях на расстояние более 40 м применяют способ разработки с промежуточным валом, а также спаренную работу бульдозеров, двигающихся рядом с одинаковой скоростью на расстоянии 0,5 м один от другого (рис.2.17, д).

Котлованы разрабатывают бульдозерами преимущественно траншейным способом по челночной схеме (рис. 2.19, а). Срезают и перемещают грунт вдоль оси котлована, начиная с середины в оба конца. Причем вначале разрабатывают котлован на первой захватке на глубину 0,8 ... 1 м, а затем на второй захватке на ту же глубину и т.д. Между смежными траншеями

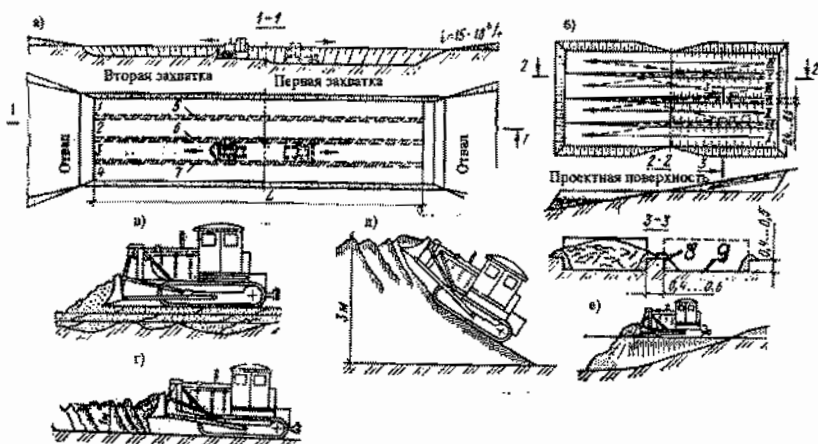
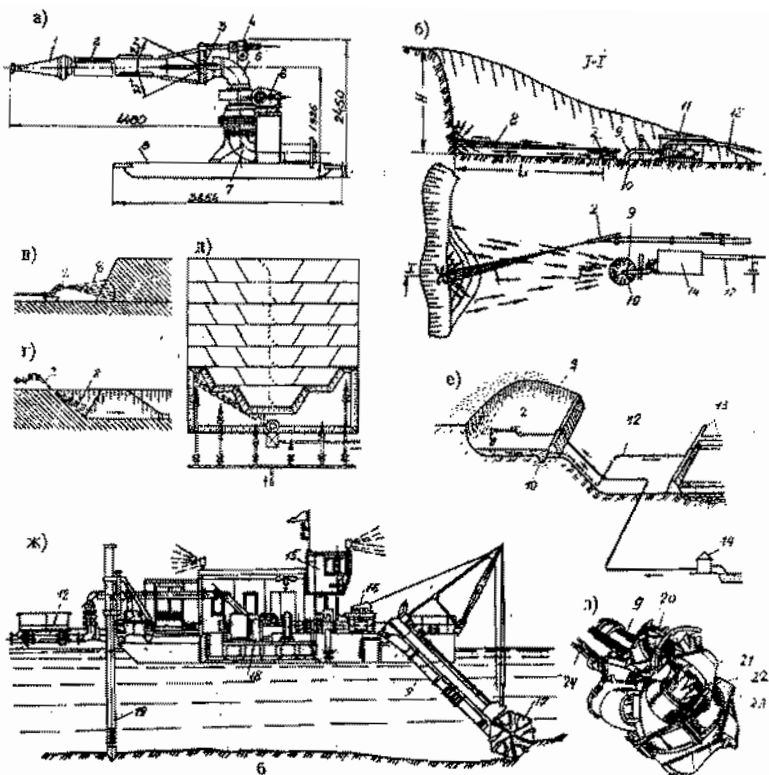


Рис. 2.19. Способы и схемы разработки грунта бульдозерами: а - при разработке котлована; б - то же, при планировке площадки; в - послойная отсыпка грунта бульдозером; г, д - грудами, без послыоного уплотнения; е - отсыпка с головы; 1 - 7 - последовательность движения бульдозера; 8 - вал нетронутого грунта между двумя проходками бульдозера; 9 - выемка (забой) бульдозера; I, ..., VII - последовательность разработки грунта при планировке

ми оставляют **перемычки нетронутого грунта** и валы шириной 0,5 ... 1,2 м, которые срезают после разработки нескольких траншей. На работах по вертикальной планировке со срезкой грунта на высоких отметках площадки и отсыпкой в пониженных участках (рис. 2.19, б) грунт разрабатывают бульдозерами послойно, двигаясь каждый раз по одному и тому же следу. Причем грунт разрабатывают траншейным способом, с оставлением валов между траншеями, срезаемых впоследствии. Применяют при этом также спаренную или групповую работу бульдозеров. На рис. 2.19, в приведена схема послойной отсыпки грунта бульдозером, на рис. 2.19, г, д - грудами без послойного уплотнения, на рис. 2.19, е - с головы.

## 2.15. Гидромеханические способы разработки и намыва грунта

Различают два основных способа гидромеханической разработки грунта: 1) гидромониторный, при котором грунт в открытом забое разрабатывают мощной узконаправленной струей воды, выбрасываемой под большим давлением из насадки специальной гидравлической установки - гидромонитора (рис. 2.20, а); 2) землесосный, при котором разработку грунта на дне реки или водоема производят землесосными снарядами (см. рис. 2.20, б).



**Рис. 2.20. Разработка грунта гидромониторами и земснарядами:** а - гидромонитор, б, в - разработка грунта гидромонитором встречным забоем; г - то же, попутным; д - расположение гидромониторов; е - общая организация гидромониторной разработки грунта; ж - разработка грунта под водой земснарядом; з - рыхлитель ковшового типа; 1 - насадка; 2 - ствол гидромонитора; 3 - шарнир; 4, 6 - приводы перемещения ствола в вертикальном направлении; 5, 7 - верхнее и нижнее колена; 8 - водяная струя; 9 - всасывающая труба; 10 - зумпф; 11 - грунтовый насос; 12 - пульпопровод; 13 - дамбы обвалования; 14 - насосная; 15 - рубка и пульт управления земснарядом; 16 - рамоподъемная лебедка; 17 - двухроторный рыхлитель; 18 - главный насосный агрегат; 19 - напорная свая; 20 - фрезы; 21 - ковши; 22 - ограничитель; 23 - буйкер; 24 - вал рыхлителя

**Разработка грунта гидромониторами.** По трудности разработки гидромониторами песчаные грунты относятся к I и II, а глинистые – к III и IV группам. Удельный расход воды на 1 м<sup>3</sup> песчаных грунтов составляет 3,5...9 м<sup>3</sup> при рабочем давлении 0,25 МПа, а для глинистых – 5...14 м<sup>3</sup> при давлении 0,2...0,7 МПа. Расход воды и скорость струи регулируют с помощью сменных насадок.

Различают две схемы размыва грунта гидромониторами: встречным забоем – «снизу вверх» (см. рис. 2.20, б, в) и попутным забоем – «сверху вниз» (рис. 2. 20, г). Встречным забоем обычно разрабатывают плотные

грунты, а попутным – рыхлые, несвязные. Размывать грунты можно одновременно несколькими гидромониторами с фронтом работ для каждого 15...30 м.

Расстояние гидромонитора от забоя  $L$  зависит от вида грунта; при разработке песка, суглинка и глины  $L \geq H$ , а лессовых грунтов -  $L \geq 1,2H$  ( $H$  – высота забоя). При благоприятном рельефе участка размывтый гидромонитором грунт в виде пульпы отводится по лоткам или трубопроводу самотеком, а при неблагоприятном рельефе пульпу перекачивают грунтовым насосом (рис. 2.20, б).

Разработку грунта землесосными снарядами осуществляют засасыванием грунта со дна или подводных откосов водоема.

Земснаряд (рис. 2.20, ж) смонтирован на барже. При работе земснаряда во всасывающей трубе грунтового насоса создается разрежение, под действием которого засасывается вода вместе с частицами грунта (пульпа). В плотных и связных грунтах применяют различные рыхлители (фрезерные, роторные, ковшевые и др.). В подводных забоях грунт начинают разрабатывать земснарядами с погружением грунтозаборного всасывающего устройства с иконечником (или рыхлителем) (рис. 2.20, з) на глубину снимаемого за одну проходку слоя. В процессе его заглубления земснаряд периодически перемещают для расширения забоя. Для дальнейшей разработки подводной выемки земснаряд папильонируют, т.е. перемещают в забое свайно-канатным способом с помощью тросов по дуге окружности, центром которой является одна из папильонажных свай. Поворачиваясь веерообразно в плане, земснаряд засасывает пульпу и перекачивает ее на берег по плавучему пульпопроводу. Применяемые земснаряды различают по маркам, состоящим из двух чисел, из которых первое соответствует подаче по грунту, м<sup>3</sup>/ч, второе – развиваемому насосом напору, м (300 ... 40, 500 ... 60; 1000 ... 80).

Ширина прорези  $B$ , разрабатываемой земснарядом,

$$B = 2R \sin \frac{\varphi}{2},$$

где  $R$  – горизонтальное расстояние от сваи до разрыхлителя, м;  
 $\varphi$  – угол поворота земснаряда вокруг сваи (обычно 70 – 80°).

Намыв насыпей производят при устройстве водохранилищных плотин и дамб (например, для шлакоотстойников), а также при заполнении грунтом пазух сооружений, подготовке и планировке площадок. Намыв осуществляют путем организованного выпуска пульпы и принудительного ограничения контуров возводимой насыпи. Поток пульпы поступает на внутреннее пространство сооружения, называемое *пляжем намыва*. При двухстороннем намыве в центре образуется отстойный прудок, регулированием уровней в котором обеспечивают необходимое время отстоя и нужную степень осаждения частиц грунта. Осветленную воду с помощью сборных ко-

лодцев и трубопроводов отводят за пределы участка или карты намыва. Во избежание растекания пульпы за пределы возводимой насыпи и для формирования ее внешних откосов устраивают обвалование. При этом до начала намыва отсыпают дамбочки первичного обвалования, а в процессе намыва – попутного обвалования.

Насыпи из пульпы намывают слоями толщиной 20 ... 25 см. Распределительные пульпопроводы при намыве периодически перекалывают по высоте в соответствии с принятой разбивкой на ярусы намыва. Высота яруса и, следовательно, частота перекалки труб зависят от способа намыва. На практике применяют три основных способа – эстакадный, низкоопорный и безэстакадный. Намыв насыпей обеспечивает значительную плотность грунта, что в большинстве случаев не требует проведения работ по искусственному его уплотнению.

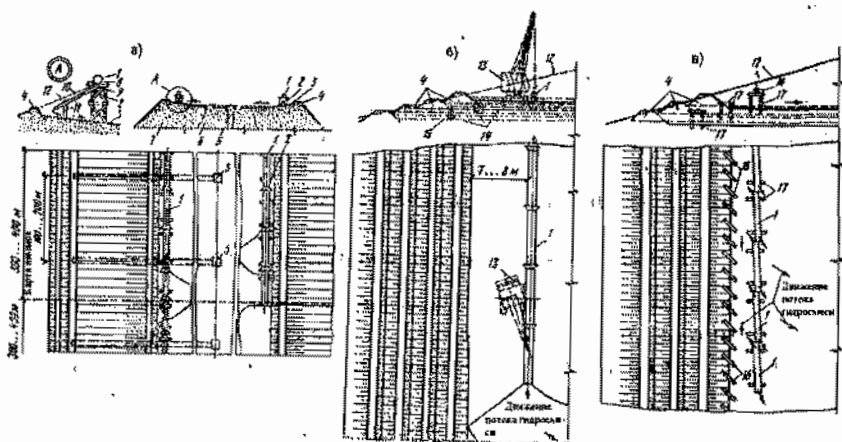


Рис. 2.21. Способы намыва насыпей: а - эстакадный; б - безэстакадный; в - низкоопорный; 1 - распределительный трубопровод; 2 - эстакада; 3 - пляж намыва; 4 - дамбы попутного обвалования; 5 - колодези; 6 - ядро плотины; 7 - боковая призма; 8 - патрубок; 9 - задвижка; 10 - распределительный поток; 11 - козелковая опора; 12 - проектный контур откоса насыпи; 13 - кран гусеничный; 14 - положение распределительного трубопровода при наращивании; 15 - то же, при укорачивании; 16 - звенья труб распределительного трубопровода; 17 - низкие опоры; 18 - отбойные щитки

**Эстакадный способ намыва** (рис. 2.21, а) является наиболее распространенным. Распределительный трубопровод (пульпопровод) на картах намыва укладывают на деревянных эстакадах высотой 5 м. В трубопроводе через каждые 6 м по длине имеются специальные выпуски в виде патрубков с регулируемыи задвижками, через которые гидросмесь выпускают на пляж намыва. По мере намыва стойки эстакады оставляют в грунте, а горизонтальные ее элементы удаляют. После намыва одного яруса высотой 4 ... 5 м устраивают эстакады следующего, на которые перекалывают рас-

пределительный трубопровод, и начинают намыв следующего яруса. К недостаткам этого способа относятся: необходимость устройства деревянных эстакад, значительные безвозвратные потери лесоматериалов, трудоемкость работ.

**Безэстакадный способ** (рис. 2.21, б) является основным при возведении намывных сооружений. Распределительный трубопровод укладывают непосредственно на поверхность намываемого грунта, а гидросмесь выпускают из торца трубопровода. Трубы стыкуют с помощью быстроразъемных соединений и в процессе намыва наращивают с помощью крана. По мере намыва трубопровод перемещают параллельно бровке наружного откоса насыпи, сохраняя в течение всего намыва постоянное расстояние от бровки, равное 7...8 м. При использовании безэстакадного способа не требуется расход лесоматериалов, процесс намыва полностью механизирован, вследствие чего повышается производительность труда.

**Низкоопорный способ** (рис. 2.21, в) применяют редко. Распределительный трубопровод укладывают на инвентарных низких опорах, а гидросмесь выпускают из торца этого трубопровода, разбираемого в процессе намыва. Толщина намываемого слоя грунта составляет 1...1,2 м. По степени механизации этот способ приближается к безэстакадному, а характеру намыва и распределения грунта — к эстакадному.

## 2.16. Разработка грунта взрывным способом

Взрывным способом разрабатывают в основном скальные грунты, а иногда его также применяют для рыхления мерзлых и тяжелых глинистых грунтов. Работы производят с применением взрывчатых веществ (ВВ), обладающих большим количеством скрытой энергии. Взрывным работам обычно предшествуют буровые по подготовке скважин или бурению шпуров, в которые закладывают ВВ. Взрывные работы в стране проектируют и производят Союзвзрывпром.

Основным средством взрывания служат взрывчатые вещества, которые подразделяются на нитрирующие, бризантные и метательные. В свою очередь бризантные, чаще всего применяемые в строительстве, делятся на ВВ повышенной, нормальной и пониженной мощности. К инициирующим ВВ относятся гремучая ртуть, тринитрорезорцинат свинца (ТНРС) и азид свинца. Их особенностью является чрезвычайная чувствительность к внешним воздействиям (искра, огонь, удар, трение), после которых они обычно взрываются. Поэтому их применяют для изготовления капсулей-детонаторов, капсулей-воспламенителей, а также детонирующего шнура. К бризантным ВВ относятся динамит, аммониты, тротил и др. Они отличаются высокой скоростью взрывчатого разложения, но сравнительно мало чувствительны к ударам, т.е. более безопасны в работе и поэтому их шире применяют на практике.

Заряды ВВ взрывают с помощью детонирующего шнура (бескапсюльное взрывание), огневым и электрическим способами.

**Взрывание с помощью детонирующего шнура** наиболее распространено, так как проще осуществить, а в случае отказа в зарядах нет опасных детонаторов. Бескапсюльное взрывание обязательно при наличии блуждающих токов на площадке. Детонирующий шнур (ДШ) предназначен для одновременного взрывания нескольких зарядов; он имеет сердцевину из бризантного ВВ.

**Огневой способ** применяют для взрывания одиночных зарядов или одновременного взрывания нескольких зарядов. Для взрывания этим способом необходимы капсулы-детонаторы, огнепроводный и детонирующий шнуры, воспламенительный (тлеющий) фитиль, механические или терочные воспламенители, спички. Капсулы-детонаторы взрываются от пучка искр огнепроводного шнура, от пламени электровоспламенителя или от взрыва детонирующего шнура. С ними следует обращаться очень осторожно, так как они могут взрываться от удара или толчка, трения или нагревания, сплющивания или царапания инициирующего состава. Огнепроводный шнур (ОШ) предназначен для воспламенения капсулей-детонаторов. Он состоит из наружной водонепроницаемой оплетки и пороховой сердцевины. Скорость горения ОШ примерно 1 см/с.

**Электрический способ** применяют, когда необходимо одновременно взорвать большое число зарядов. При этом применяют электродетонаторы, провода, источники тока, проверочные и измерительные приборы. Электродетонаторы используют двух видов – мгновенного и замедленного действия. Первые состоят из капсулы-детонатора и электровоспламенителя, а вторые имеют замедлитель, расположенный между воспламенительным составом и инициирующим зарядом.

Заряды по своему месторасположению подразделяют на наружные, располагаемые на поверхности взрываемого грунта, и внутренние, находящиеся в выработках (шпурах, скважинах, камерах, рукавах и т.д.). По форме заряды бывают сосредоточенные, удлиненные и фигурные, а по действию на окружающую среду различают камуфлеты (рис. 2.22, а) и заряды рыхления и выброса (рис. 2.22, б, в). Количество ВВ, необходимое для взрыва, определяют расчетом в зависимости от плотности (твердости) взрываемой породы и назначения взрыва. При взрыве на выброс в грунте образуется конусообразное углубление (воронка), а грунт после взрыва частично выбрасывается наружу, а частично падает снова в воронку (рис. 2.22, в). Основными параметрами воронки являются: радиус разрушения, или радиус воронки  $r$ ; линия наименьшего сопротивления (ЛНС)  $l$ , равная кратчайшему расстоянию от центра заряда до ближайшей свободной поверхности; глубина воронки  $h$ . Действие взрыва характеризуется отношением  $n = r/h$ , называемым показателем действия взрыва. Выбор вида и величины заряда зависит



от целей взрывания. Масса сосредоточенного заряда для образования нормального выброса (горна)

$$Q \approx qr^3,$$

для усиленного выброса с  $n = 1 \dots 3$  определяется по формуле М.М. Борескова

$$Q = qh^3(0,4 + 0,6n^3),$$

где  $q$  – удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>, взрываваемой породы;  $r$ ,  $h$ ,  $n$  – рассмотрены выше.

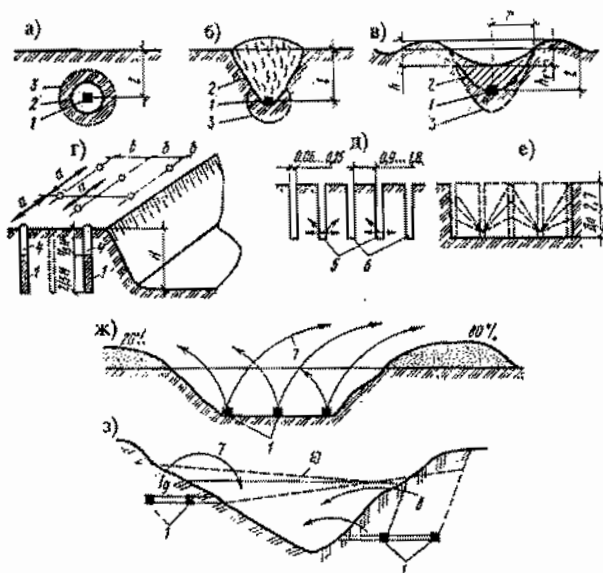


Рис. 2.22. Схемы разработки грунтов взрывным способом: 1 - заряд ВВ; 2 - граница зоны полного разрушения; 3 - зона деформации грунта; 4 - забойка шпура; 5 - зарядная шель; 6 - компенсирующая шель; 7 - направление перемещения взорванного грунта; 8, 9 - массивы грунта правого и левого склонов, предназначенные к взрыву; 10 - проектный профиль насыпи

**Методы взрывания на рыление.** Такой вид взрывания (см. рис. 2.22, б) необходим для дробления твердых и мерзлых грунтов при разработке их землеройными машинами. При этом применяют следующие методы: шпуровой и его разновидности; котловых зарядов; зарядов в рукавах; скважинных или камерных зарядов. Метод шпуровых зарядов основан на использовании удлиненных зарядов, располагаемых и взрывааемых в шпурах (рис. 2.22, г). При этом заряд ВВ не должен занимать более 2/3 их длины. Оставшееся сверху шпура пространство заполняют забивкой из песчано-глинистой смеси. Каждый ряд шпуров взрывают одновременно: сначала ближайший к забою ряд, затем последующие, используя электрический способ взрывания или детонирующий шнур.

Разновидностью этого метода является метод скважинных зарядов, при котором они размещаются в скважинах глубиной до 30 м. Метод котло-

вых зарядов используют при взрывании крепких пород, когда требуются заряды ВВ большой величины, не всегда помещающиеся в шпурах или скважинах. Для размещения ВВ в нижней части выработки устраивают уширения – котлы. Метод зарядов в рукавах применяют при незначительных объемах обрушаемых пород и при высоте уступа до 5 ... 6 м. Для рыхления мерзлых грунтов часто используют метод шелевых зарядов (рис. 2.22, д), при котором можно получить проектный контур выемки (например, траншеи) без зачистки стенок и основания (рис. 2.22, е). Шелевые заряды можно применять для рыхления грунтов и на больших площадях.

**Взрывание на выброс** (рис. 2.22, в) применяют в тех случаях, когда необходимо в результате взрывов получить выемки или насыпи. В зависимости от размеров и формы (в плане) проектируемых выемок взрывают одиночные сосредоточенные или удлиненные заряды или производят одновременный взрыв группы сосредоточенных зарядов, расположенных в один или несколько параллельных рядов. Для устройства выемок (рис. 2.22, ж), насыпей (рис. 2.22, з), плотин, дамб широко применяют направленный выброс грунта с помощью соответствующим образом рассчитанных и устроенных направленных взрывов.

### **2.17. Ручная и механизированная разработка малых объемов грунта**

Необходимость ручной разработки грунта иногда возникает в практике водопроводно-канализационного строительства, например, при подчистке дна котлована и траншей, при рытье приямков под стыки трубопроводов и т.п. Недоборы грунта на дне котлованов после экскаваторной разработки до 25 ... 30 см частично разрабатывают механизированным способом с помощью бульдозеров, экскаваторов со специальными зачистными ковшами или других планировочных машин. Остающийся недобор до проектной отметки в 5 ... 7 см в целях обеспечения необходимого качества основания рекомендуется разрабатывать, т.е. подчищать вручную. При этом разработку небольших объемов грунта ведут ручным инструментом (преимущественно лопатами различного типа) с использованием средств малой механизации для удаления и транспортирования грунта.

При устройстве траншей в неустойчивых грунтах их вначале на допустимую глубину отрывают с вертикальными стенками экскаватором (рис. 2.14, д), а затем, после установки креплений, углубляют до нужной отметки вручную, удаляя грунт бадьями и легкими кранами. При подготовке дна траншей, разработанного землеройными механизмами, необходимо также вручную выполнять недобор грунта, планировку дна траншеи в соответствии с проектным уклоном, а также рытье приямков для устройства стыков труб. Грунт из траншеи выдают в бадьях вместимостью 0,1 ... 0,2 м<sup>3</sup> с помощью передвижных кранов-подъемников или автомобильных кранов. Если позволяют грунтовые условия, то иногда вместо ручных процессов по за-

чистке дна траншеи применяют механизированное уплотнение грунта вибротрамбовками. Приямки для монтажа и заделки стыковых соединений трубных и соединяемых на муфтах труб диаметром до 300 мм следует отрывать непосредственно перед укладкой каждой трубы. Приямки для труб диаметром более 300 мм допускается отрывать за 1 ... 2 дия до укладки труб с учетом фактической длины трубы. Приямки отрывают как вручную, так и механизированным способом с помощью экскаватора с грейфером или обратной лопатой.

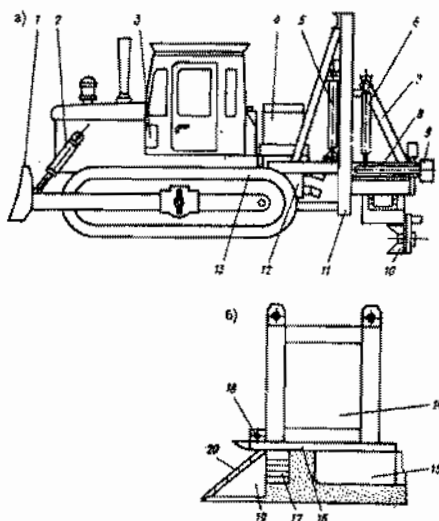
Поскольку ручная разработка грунта весьма трудоемка, необходимо изыскивать средства и способы выполнения их при помощи соответствующих машин и механизированного инструмента. При прокладке трубопроводов особую трудоемкость и сложность представляют работы по зачистке дна траншеи, а также устройству овального углубления (ложа или выкружки), а также приямков для соединения труб.

Следует отметить, что создана специальная машина на базе гусеничного трактора с ложекопателем плужного типа, используемая для прокладки железобетонных трубопроводов диаметром 800 – 1200 мм. Дополнительное навесное оборудование машины включает стыкующую балку, расположенную впереди трактора, и грейфер, установленный сзади. Благодаря этому можно механизированно выполнять разработку ложа под трубопровод, отрывку приямков под растрыбы труб и их стыковку.

Кроме этого создана машина МВ-15 (рис. 2.23, а) на базе трактора Т-130БГ, которая производит планировку дна траншей, нарезку ложа и отрывку приямков глубиной 0,35 и 0,5 м, стыковку труб и протаскивание центратора. Машину используют при прокладке железобетонных трубопрово-

Рис. 2.23. Средства механизированной разработки малых объемов грунтов:

а - машина МВ-15 для планировки дна траншеи, нарезки ложа, отрывки приямков и стыковки труб; б - устройство УПО для подготовки оснований под трубопровод; 1 - отвал; 2 - гидроцилиндр отвала; 3 - распределитель; 4 - гидробак; 5 - гидроцилиндр рамы; 6 - гидроцилиндр качания фрез; 7 - рама качающаяся; 8 - гидроцилиндр стыковки; 9 - балка стыкующая; 10 - фреза; 11 - навесная рама; 12 - ходоуменьшитель; 13 - трактор; 14 - бункер; 15 - формователь; 16 - лыжа; 17 - прокладка; 18 - серьга; 19 - профилировщик; 20 - ножи



дов диаметром 1400 – 2000 мм. Технологический процесс подготовки основания под трубопровод (планировка дна, отрывка ложа и приямков) при этом механизирован и автоматизирован.

При отсутствии машины МВ-15 для снижения трудоемкости технологических операций целесообразно использовать простое прицепное устройство (УПО) (рис. 2.23, б) к бульдозеру.

### **2.18. Засыпка траншей и котлованов. Обсыпка резервуаров, отстойников и других водохозяйственных сооружений**

Поскольку большинство водопроводных и канализационных сооружений устраивают заглубленного и полуглубленного типа, после их возведения выполняют значительные объемы работ по обратной их засыпке. Учитывая, что обратные засыпки траншей, приямков и пазух котлованов в большинстве случаев служат основанием дорог, отмосток, а внутри зданий – основанием под полы, все они должны выполняться с обязательным уплотнением для обеспечения требуемой их несущей способности (прочность – устойчивость) и беспросадочность. Необходимая степень уплотнения грунта и высокое качество обратных засыпок на практике обеспечиваются послойным уплотнением грунта при условии отсыпки его слоями одинаковой толщины. Каждый отсыпанный слой грунта уплотняют равным числом проходов (ударов) по одному следу. Толщина уплотняемого слоя должна соответствовать возможностям грунтоуплотнителя, что устанавливается опытным путем. Уплотнение каждого слоя грунта машинными ведут так, чтобы последующие проходы по одному следу происходили по всей поверхности рабочей карты, причем во избежание пропусков рекомендуется перекрывать последующими проходами предыдущие на 0,1 – 0,15 м. В процессе уплотнения грунта в стесненных местах необходимо соблюдать меры предосторожности против повреждений подземных конструкций, коммуникаций и гидроизоляции.

**Уплотнение грунтов в котлованах со сложными фундаментами и подземными конструкциями** при возведении, например, насосных станций, когда внутри них образуются замкнутые полости, туннели и узкие проходы, значительно затрудняется, так как в них нельзя применить крупногабаритные машины. Поэтому обратную засыпку в таких условиях необходимо выполнять сразу же после возведения подземной части здания или сооружения, когда конструкции надземной части не препятствуют работе машин с бермы котлована. Грунт с помощью экскаватора, оборудованного грейфером или системой транспортеров, подают на рабочую карту в пределах участка, ограниченного подземными конструкциями. Разравнивают его в зависимости от формы и размеров пазухи малогабаритным бульдозером типа УЗБТ-54В или микробульдозером МВ-4. Уплотняют грунт электро-трамбовками или подвесной вибро-трамбовкой. Для этой цели могут быть также использованы свайные вибропугружатели, установленные на метал-

лический поддон. В замкнутых полостях уплотнять грунт удобнее подвесными к крану грунтоуплотнителями, а в пазухах, связанных между собой проходами, - самопередвигающимися виброплитами и ручными трамбовками.

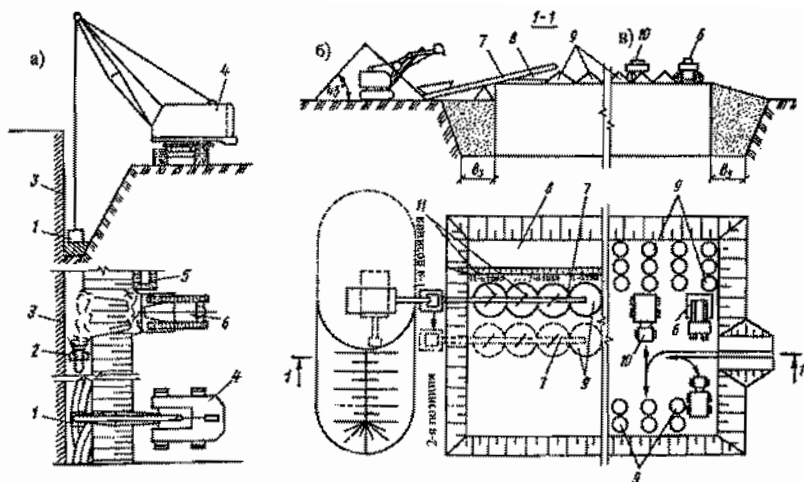
**Уплотнение грунтов в узких и глубоких пазухах шириной менее 1,4 м** (предельный размер, допускающий работу малогабаритного бульдозера) связано с определенными трудностями. При этом следует выделить пазухи шириной 0,7 .. 1,4 м, в которых может работать человек, и шириной до 0,7 м, в которые доступ рабочего невозможен. Засыпку наружных пазух, образуемых подземными конструкциями и крутыми откосами котлована, выполняют бульдозерами (рис. 2.24, а). Разравнивают грунт слоями заданной толщины в нижней части пазухи микробульдозером, который подают в пазуху краном, а затем, по мере расширения пазухи (более 1,4 м), - малогабаритным бульдозером. Уплотняют грунт послойно подвесными вибротрамбующими плитами или свайными вибропогружателями на металлических поддонах, подвешенных к крану, а также с помощью пневмотрамбовок, работающих от передвижного компрессора.

**Засыпку въездных траншей, а также приямков и пазух котлованов** (после устройства сооружений, их гидравлического испытания и наружной гидроизоляции) чаще всего производят бульдозерами с уплотнением обычными грунтоуплотняющими машинами (катками, трамбующими плитами, виброкатками).

**Засыпку закрытых сооружений, имеющих покрытия** (резервуаров, горизонтальных отстойников и т.п.) в зависимости от несущей способности и формы покрытия, производят тремя способами: с помощью звеньевых ленточных конвейеров с погрузкой грунта экскаваторами; автосамосвалами, доставляющими грунт непосредственно на покрытие, где его разравнивают бульдозерами; самоходными ленточными конвейерами на базе гусеничных тракторов в комплекте с экскаваторами (без заезда на покрытие). Преимуществом применения самоходного ленточного конвейера является значительный диапазон обелуживаемой площади - до 20 м, считая от оси вращения машины. Грунт отсыпают, постепенно меняя позицию грунтоукладчика или длину вылета конвейера, и распределяют по поверхности равномерно (рис. 2.24, б).

**Засыпку грунтом коллекторов и трубопроводов** (особенно при прокладке их в пределах городской застройки или площадок водопроводно-канализационных сооружений) осуществляют с тщательным уплотнением. Обратные засыпки при этом могут осуществляться различными комплектами машин, что зависит от таких факторов, как вид засыпного грунта, удаленности их резервов и др.

**Засыпку траншеи с проложенным коллектором** в большинстве случаев производят бульдозером (рис. 2.25, а) по челюстной схеме или по поперечно-челюстной (при засыпке больших по протяженности и глубоких



**Рис. 2.24. Засыпка пазух котлованов и устройство насыпей на покрытиях сооружений:**  
 а - засыпка и уплотнение грунта в пазухе котлована; б - устройство насыпи ленточным конвейером; в - то же, автосамосвалами и бульдозерами; 1 - вибротрамбовка; 2 - микробульдозер; 3 - подземная часть сооружения; 4 - кран-экскаватор; 5 - резерв грунта на первый слой; 6 - бульдозер; 7 - конвейер; 8 - спланированная насыпь; 9 - отвалы грунта; 10 - автосамосвалы; 11 - скребки для сбрасывания грунта с конвейера

траншей). Коллекторы и тоннели, проложенные в песчаных грунтах, при одностороннем расположении резерва засыпают самопередвигающейся трамбовкой. При этом вначале устраивают съезды для малогабаритного бульдозера и подают грунт по обе стороны коллектора (рис. 2.25, б). Грунт в траншеях на участке 10 ... 15 м по обе стороны от коллектора (тоннеля) разравнивают бульдозером, а в недоступных местах – малогабаритным бульдозером. Засыпку ведут послойно, причем толщину первого слоя принимают равной 1 м, а последующих – 0,4 ... 0,6 м (рис. 2.25, в). Уплотняют грунт в пазухах коллектора малогабаритной вибротрамбовкой параллельными проходами, число которых по одному следу определяют пробным уплотнением грунта. Вибротрамбовку с одной стороны коллектора на другую перемещают малогабаритным бульдозером. Засыпку и разравнивание грунта выше коллектора производят бульдозером, с помощью которого одновременно подают грунт для малогабаритного бульдозера (рис. 2.25, г). Подача грунта для засыпки коллекторов может также осуществляться экскаваторами, а разравнивание и уплотнение – так же, как и в первом случае. При разравнивании и уплотнении как связанного, так и песчаного грунта над коллектором или тоннелем толщину слоя грунта под работающим бульдозером определяют расчетом, исходя из несущей способности покрытия коллектора (тоннеля).

Обратную засыпку траншеи следует вести сразу же после укладки труб, что позволит избежать обрушения стенок траншеи, заиливания труб в результате атмосферных осадков, а также пересушивания или переувлажнения грунта в отвалах. Засыпку грунта в траншеи с трубопроводами рекомендуется выполнять бульдозерами (рис. 2.25, д, е). При этом вначале косыми проходами бульдозера предварительно уменьшают крутизну откоса отвала грунта, одновременно подавая его в первый слой засыпки. Грунт в траншею подают в объеме, обеспечивающем заданную толщину отсыпаемого слоя, в соответствии с темпами его разравнивания и уплотнения. Способ засыпки траншей с уложенным трубопроводом одноковшовым экскаватором (обратная засыпка) (рис. 2.26) используют как в обычных трассовых условиях, так и на заболоченных участках. Засыпать траншею следует с максимальным разрывом во времени после изоляционно-укладочных работ и в прохладное время суток (лучше всего утром). Засыпку надо производить с обеспечением сохранности труб и изоляционного покрытия, а также его общего проектного положения.

Для передвижения экскаватора по отвалу необходимо вначале двумя проходами бульдозера спланировать его верх на ширину до 7 м. Грунт спланированного отвала для засыпки траншеи разрабатывают экскаватором торцовым забоем при движении его на перекидных сланях по оси отвала (см. рис. 2.26).

Для непрерывной засыпки траншей размельченным грунтом применяют траншеезасыпатели шнекового и роторного типов. Наиболее эффективными являются **роторные траншеезасыпатели**, которые можно использовать как для засыпки трубопровода разрыхленным грунтом, так и для снятия растительного слоя, присыпки дна траншеи мягким грунтом перед укладкой трубопровода. Принципы действия роторного и траншейного траншеезасыпателей аналогичны. Достоинства траншеезасыпателей роторного типа — высокое качество засыпки трубопровода, возможность рытья смерзшегося бруствера; большая масса, высокая стоимость машин.

На талом грунте производительность траншеезасыпателей достигает 1200 м<sup>3</sup>/ч. Но их нельзя использовать при засыпке железобетонных трубопроводов, поскольку до проведения предварительных испытаний стыки труб не должны быть засыпаны, а последующую засыпку после испытаний выполняют послойно с уплотнением, что не может быть обеспечено этими машинами. Поэтому необходимо применять специализированное сменное оборудование к серийно выпускаемым одноковшовым экскаваторам, тракторам.

Требованиям обратной засыпки и уплотнения грунта наиболее отвечает **вибротрамбующее оборудование для одноковшового гидрофицированного экскаватора и трубоукладчика**.

В первом случае оборудование навешивают взамен ковша на стрелу одноковшового гидрофицированного экскаватора типа ЭО-4121 (рис. 2.27, а). Рабочий орган включает ударную часть, состоящую из прямоугольной плиты массой 750 кг, трубчатых штанг и центробежного вибровозбудителя, которая резино-металлическими амортизаторами соединяется с рам-

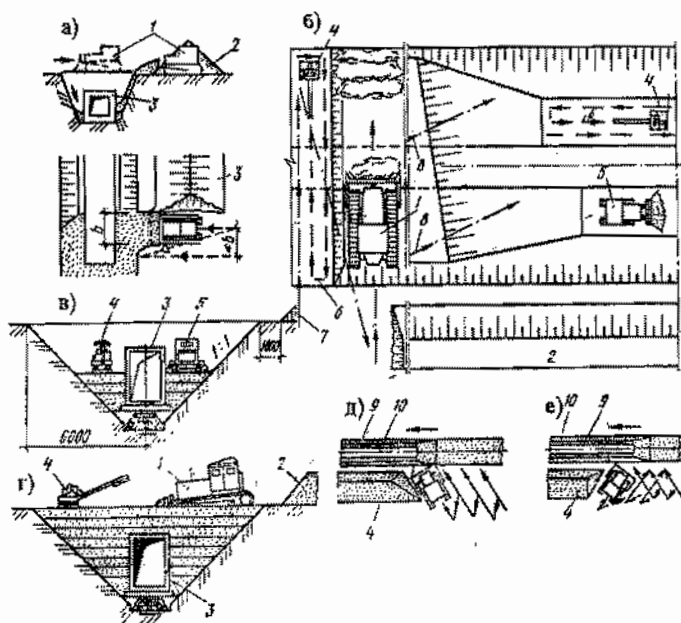
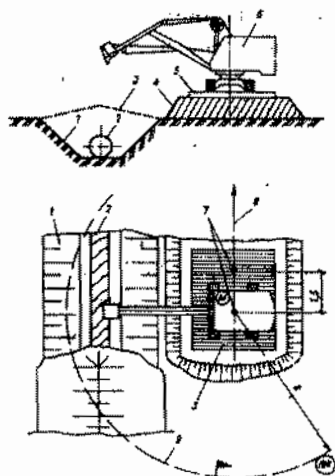


Рис. 2.25. Засыпка траншей коллекторов и трубопроводов: а - общая схема засыпки бульдозером; б - засыпка песчаным грунтом; в - первоначальный этап засыпки пазух коллектора; г - засыпка слоев поверх коллектора; д - засыпка траншей бульдозером по косопоперечной схеме; е - то же, по косопоперекрестной схеме; 1 - бульдозер; 2 - резерв грунта; 3 - коллектор; 4 - вибротрамбовка; 5 - малогабаритный бульдозер; 6 - направление движения трамбовки; 7 - то же, бульдозера; 8 - съезд бульдозера; 9 - траншея; 10 - трубопровод

Рис. 2.26. Засыпка траншей с уложенным трубопроводом одноковшовым экскаватором: 1 - траншея; 2 - изолированный трубопровод; 3 - контур засыпки траншеи; 4 - спланированный отвал грунта; 5 - перекидные слани; 6 - экскаватор; 7 - стойки экскаватора в процессе работы; 8 - направление и ось движения экскаватора; 9 - граница опасной зоны; М - машинист экскаватора; ПМ - помощник машиниста; R - радиус опасной зоны





кой вибротрамбовки. Горизонтальный пояс из амортизаторов играет роль упругого элемента, а вертикальный – направляющего устройства подвески. Глубина уплотняемого слоя в связном грунте 0,45 и в несвязном – 0,6 м при коэффициенте уплотнения 0,85 – 0,95.

Во втором случае оборудование разработано к трубоукладчику с тем же рабочим органом (рис. 2. 27, б). С помощью специальной траверсы две вибротрамбовки навешивают на стрелу гидрофицированного трубоукладчика. Дополнительно устанавливают рукоять с гидроцилиндром. Масса навешиваемого оборудования 3,0- 3,5 т, глубина уплотнения 0,6 – 0,8 м при коэффициенте уплотнения 0,9 – 0,95.

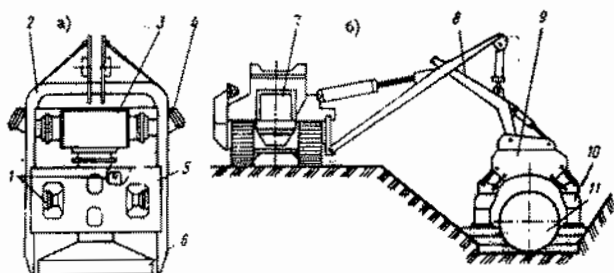


Рис. 2.27. Вибротрамбующее оборудование к одноковшовому экскаватору (а) и крану-трубоукладчику (б), используемое для уплотнения грунта обратной засыпки трубопровода: 1 - амортизаторы; 2 - рама; 3 - центробежный вибровозбудитель; 4 - гидромотор; 5 - коробчатый пояс; 6 - трамбуемая плита; 7 - кран-трубоукладчик; 8 - стрела; 9 - траверса; 10 - вибротрамбовка; 11 - труба

Засыпку железобетонных трубопроводов больших диаметров осуществляют преимущественно одноковшовыми экскаваторами с **грейферным оборудованием** поочередно с двух сторон трубы. Экскаватор передвигается вдоль траншеи со стороны кавальера и осыпает грунт на всем участке. Технологическая последовательность процесса обратной засыпки и уплотнения грунта с использованием вибротрамбовочного оборудования показана на рис. 2.28.

Первоначально отсыпают, разравнивают и уплотняют слой грунта у первой трубы (рис. 2.28, а). Одновременно с этим отсыпают и разравнивают слой грунта у второй трубы на той же стороне. Во время его уплотнения отсыпают и разравнивают грунт с другой стороны трубы, при уплотнении которого отсыпают и разравнивают слой по той же стороне у первой трубы. Таким образом проходит цикл уплотнения первого слоя с одной стоянки машин на всей захватке.

Уплотнение последующего слоя начинают с этой же позиции в обратном порядке (рис. 2.28, б) с переходом на другую сторону трубопровода от второй трубы к первой. Затем производят отсыпку, разравнивание третьего слоя (рис. 2.28, в) с позиции, где было закончено уплотнение второго

слоя. Переход при этом с одной стороны трубопровода на другую осуществляют на первой трубе (рис. 2.28, г).

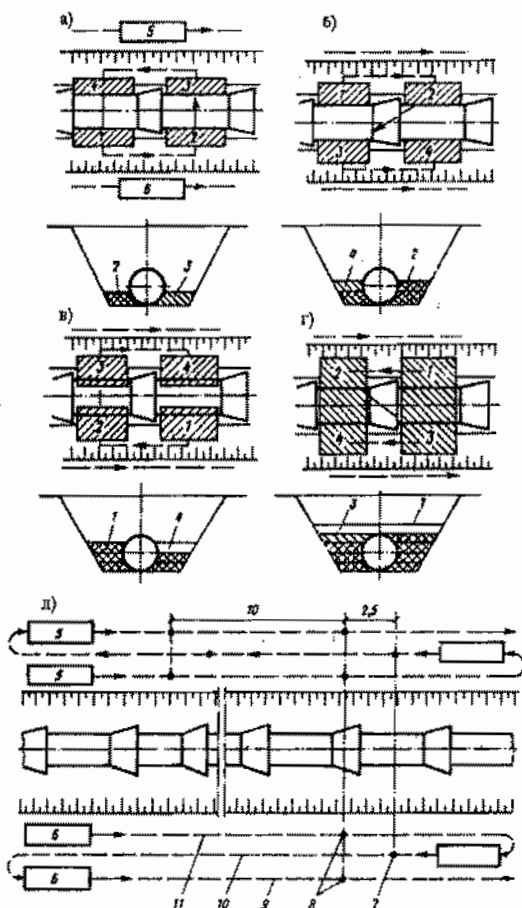


Рис. 2.28. Схемы уплотнения грунта обратной засыпки железобетонного трубопровода большого диаметра (а - г) и последовательность этих работ (д): 1 - 4 - последовательность уплотнения отсыпанных слоев грунта; 5 - экскаватор с грейфером; 6 - то же, с трамбовкой; 7, 8 - места стоянки машин при уплотнении грунта; 9, 10, 11 - проходы машин

На каждой позиции работе экскаватора с трамбовкой предшествует отсыпка слоя экскаватором с грейфером. Схематически последовательность уплотнения одинакова для нечетных (1, 3, 5) четных (2, 4, 6) слоев отсыпанного и уплотняемого грунта.

До проведения гидравлических испытаний грунт уплотняют на высоту  $0,5D$ , оставляя при этом приямки нетронутыми. Для трубопроводов диаметром до 2000 мм в зависимости от категории грунта это соответствует трем-четырем слоям уплотнения. После испытаний и устранения возмож-

ных нарушений производят засыпку с уплотнением грунта до высоты, превышающей на 0,2 м наружный диаметр трубопровода. Первоначально забивают приемки до высоты предыдущей засыпки. Засыпку двух смежных приемков по обеим сторонам трубопровода осуществляют в такой же последовательности для каждой позиции уплотняемого слоя и соответственно последующих слоев грунта, как показано на рис. 2.28, д, при уплотнении пазух основной части трубопровода.

После того как по высоте засыпки уровень сравнивается, механизмы от позиционной схемы (двух смежных труб или приемков) переходят на работу в створе всего участка. Отсыпают и разравнивают грунт на всем участке по одну сторону трубопровода; при его уплотнении производят отсыпку и разравнивание слоя грунта по другую сторону трубопровода, затем уплотнение.

При использовании для уплотнения обратной засыпки трубоукладчика с траверсой и двумя трамбовками (см. рис. 2.27, б) наиболее рациональна следующая последовательность работ. Отсыпают и разравнивают слой грунта по обе стороны трубопровода (приемки остаются незасыпанными) на всем участке, а затем уплотняют одновременно с обеих сторон. Отсыпку и уплотнение второго и последующих слоев грунта производят в том же порядке. Начало работы механизмов осуществляют с конца предыдущего уплотненного слоя.

После проведения предварительных испытаний приемки засыпают и уплотняют в той же последовательности. Последний защитный слой грунта над трубопроводом (0,2 м) уплотняют сведенными вместе вибротрамбовками, что повышает эффективность уплотнения.

Засыпка траншей с вертикальными стенками существенно затруднена из-за необходимости выполнения работ в очень стесненных условиях. Пазухи между трубопроводами и стенками траншеи засыпают вручную местным грунтом, подаваемым с бровки бульдозером, слоями толщиной 0,1 м и уплотняют ручными электротрамбовками. После засыпки пазух до верха трубы последующие слои грунта разравнивают микробульдозером и уплотняют электротрамбовкой слоями 0,3 м при числе проходов, определяемом опытным уплотнением.

## **2.19. Способы отсыпки и уплотнения грунта в планировочных насыпях**

При строительстве водопроводно-канализационных систем планировочные насыпи в виде дамб и земляных плотин устраивают в составе регулирующих и резервных водохранилищ, шламонакопителей, речных водозаборов и других сооружений. Все планировочные насыпи, независимо от их назначения, возводят из однородных грунтов с разравниванием отсыпae-

мого грунта-горизонтальными или слабонаклоненными слоями и последующим их уплотнением.

Для отсыпки грунта участок насыпи разделяют на равновеликие по площади карты, на каждой из которых последовательно производят следующие операции: выгрузку, разравнивание, увлажнение или просушивание и уплотнение грунта (рис. 2.29, а). Выбор типа машин для устройства насыпи в основном зависит от общей схемы ее возведения, т.е. из боковых резервов, выемок или карьеров, а также от расстояния транспортирования грунта.

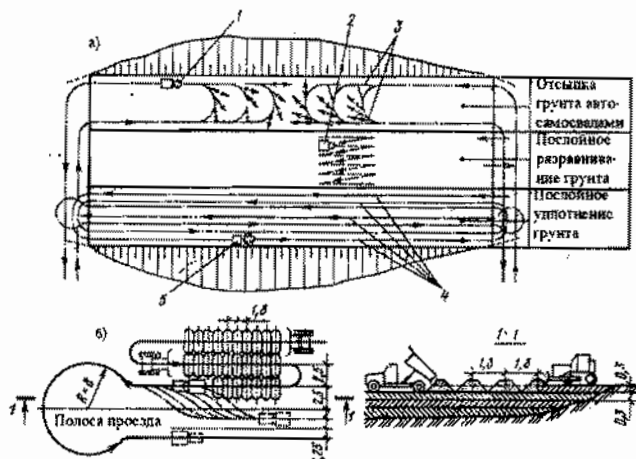


Рис. 2.29. Технологические схемы устройства планировочных насыпей: 1 - автосамосвал; 2 - бульдозер; 3 - направление движения самосвалов; 4 - последовательность движения катка; 5 - каток

Для отсыпки насыпи из боковых резервов или выемок применяют следующие машины: бульдозеры – при высоте насыпи до 1 м и дальности перемещения до 50 м; скреперы – при высоте насыпи до 1.. 2 м и дальности доставки 50..100 м; экскаваторы-драглайны – для укладки грунта в насыпи высотой 2,5... 3 м. В случае отсыпки насыпи из специальных резервов (карьеров), из которых грунт перемещают в продольном направлении, применяют: при дальности перемещения до 100 м – мощные бульдозеры, от 100 до 300 м – самоходные скреперы емкостью 9.. 15 м<sup>3</sup> и экскаваторы (одноковшовые или многоковшовые) с погрузкой грунта в транспортные средства. Насыпи, возводимые из грунта, доставленного автомобилями-самосвалами, делят на участки по 100 м; на одном из них грунт разгружают, а на другом разравнивают бульдозерами и уплотняют (рис. 2.29, б). При этом выгруженный грунт разравнивают бульдозером по всей ширине насыпи слоями толщиной 0,3.. 0,4 м. Толщина разравниваемых слоев должна соответствовать возможностям грунтоуплотняющих машин. При укладке грунта скреперами его разравнивают ножом скрепера в процессе отсыпки.

При доставке грунта автомобилями или колесными тракторами-тягачами в землевозных тележках толщина отсыпаемого и уплотняемого слоя может достигать: из глинистого и суглинистого грунта 0,5 м, из супесчаного 0,8 и из песчаного 1,2 м. Если насыпь отсыпают слоями 0,3 м с применением автосамосвалов, тракторов с прицепами и скреперов, то уплотнять слои грунта необязательно, так как в процессе отсыпки насыпи машинными она будет уплотнена настолько, что ее осадка будет незначительна. В ответственных сооружениях слои необходимо уплотнять. Движение машин (самосвалов, скреперов, транспортных тележек) следует регулировать по всей ширине насыпи. К отсыпке последующего слоя можно переходить только после разравнивания и уплотнения нижележащего слоя грунта до требуемой плотности. Требуемого уплотнения грунта с наименьшими затратами можно достигнуть при оптимальной влажности грунта. Поэтому его следует уплотнять сразу же после отсыпки, чтобы не допустить его пересыхания. Недостаточно влажный грунт хуже поддается уплотнению, что увеличивает затраты труда. Такой грунт необходимо доувлажнять.

Критерием уплотнения приняты требуемая плотность грунта, выраженная объемной массой скелета грунта, или коэффициент стандартного уплотнения ( $K_u$ ), равный отношению требуемой плотности скелета грунта к его максимальной стандартной плотности.

Работы по уплотнению грунта ведут при их влажности, близкой к оптимальной, при которой достигается наибольший эффект. Ниже приводятся ориентировочные значения оптимальной влажности, %, для различных грунтов:

пески мелкие и пылеватые	8 ... 14
супеси:	
легкие и тяжелые	9 ... 15
пылеватые	16 ... 20
суглинки:	
легкие	12 ... 18
пылеватые	15 ... 22
тяжелые и тяжелые пылеватые	14 .. 20
глины:	
пылеватые	16 ... 26
жирные	20 ... 30
черноземы суглинистые	20 .. 25

Оптимальную влажность практически можно получить увлажнением сухих или подсушиванием излишне влажных грунтов. При уплотнении грунтов, влажность которых отличается от оптимальных, необходимо уменьшить толщину уплотняемого слоя и увеличить время работы средств уплотнения.

*Механические методы* уплотнения в зависимости от характера воздействия рабочих органов на грунт и конструктивного решения средств ме-

ханизации делятся в основном на следующие виды: укатка, вибрирование, трамбование и комбинированный метод.

При уплотнении грунта укаткой используют катки пневмоколесные, кулачковые, решетчатые и с гладкими вальцами. В исполнении они могут быть различные по массе, самоходные, полуприцепные и прицепные.

*Пневмокатками* в зависимости от их типа и характеристики грунта могут уплотняться связные грунты с толщиной слоя (в рыхлом состоянии) 15 ... 75 см и несвязные — при толщине слоя 25 ... 90 см; число проходов катка по одному следу при опытно уплотнении соответственно равно 5 ... 12 и 4 ... 10 раз.

*Кулачковыми катками* уплотняют только связные грунты при толщине слоя 20 ... 85 см и числе проходов 6 ... 14 раз.

*Катки с гладкими вальцами* используют для уплотнения связных и несвязных грунтов при толщине слоя 10 ... 15 см

При уплотнении грунта укаткой различают две схемы движения катков: челночная и по кругу.

При уплотнении грунта *вибрированием* применяются вибрационные катки (виброкатки), виброплиты, вибротрамбовки и глубинные виброуплотнители. Этот метод рационален в основном для несвязных и малосвязных грунтов.

*Виброкатки* с гладкими вальцами применяют для уплотнения связных грунтов толщиной 15 ... 50 см и несвязных — толщиной 15 ... 70 см. Особый интерес представляют одновальцовые малогабаритные самоходные виброкатки (рис. 2.30, а) с массой до 0,7 т, обеспечивающие ширину уплотняемой полосы 66 см. Ими производят уплотнение в стесненных условиях, в том числе в узких траншеях, вблизи трубопроводов, фундаментов и стен, где применение других машин затруднено.

*Виброплиты* также используют для уплотнения несвязных и малосвязных грунтов. По конструкции они состоят из уплотняющей плиты с вибровозбудителем и подмоторной рамы с двигателем, на которой закреплена рукоятка управления или крановая подвеска. Самопередвигающиеся легкие и тяжелые виброплиты типа *D* и *Svp* используют при обратной засыпке пазух и траншей для уплотнения слоя несвязного грунта толщиной 20 ... 60 см. Подвесные (к крану) виброплиты типа ВПП (с массой 1 ... 2,7 т) применяют для уплотнения связных и несвязных грунтов при толщине слоя 50 ... 80 см (рис. 2.30, б).

Работа *виброударных машин* основана на сочетании вибрационного и ударного режимов, что способствует увеличению их уплотняющих свойств. Использование самопередвигающихся с дистанционным управлением вибротрамбовок типа СВТ и ВУГ (масса 0,1 ... 0,35 т, размер плиты от 0,4х0,4 до 0,6х0,8) целесообразно для уплотнения связных грунтов при толщине уплотняемого слоя до 0,3 м в труднодоступных местах (рис. 2.30, в). Подвесной вибротрамбовкой типа ПВТ (масса 2,6 т, размер плиты 0,8х0,8 м) уплотняют грунты: связные — при толщине слоя до 0,6 м, несвязные — до 0,8 м (рис. 2.30, г). Управление трамбовкой осуществляют из кабины крана.

Глубинное уплотнение с помощью виброударной установки типа ВУПП (рис. 2.30, д) эффективно для водонасыщенных средне- и мелкозер-

нистых песков при глубине 2,5 ... 6 м. Установку погружают и извлекают из грунта с помощью вибропогружателя и крана. Уплотнение песка обеспечивается по площади диаметром 4 – 5 м.

Уплотнение грунта методом трамбования осуществляют с помощью трамбовочных машин, навесных плит и механических трамбовок. Этот метод дает хороший эффект при уплотнении связных и несвязных, в том числе крупнообломочных грунтов, а также сухих комоватых глин.

С помощью трамбовочных машин типа ДУ-12 (рис. 2.25, е) уплотняют грунты в основании при толщине слоя до 1,2 м. Уплотнение осуществляют проходками шириной 2,6 м поочередными ударами двумя плитами массой 1,3 т способом свободного их падения на грунт.

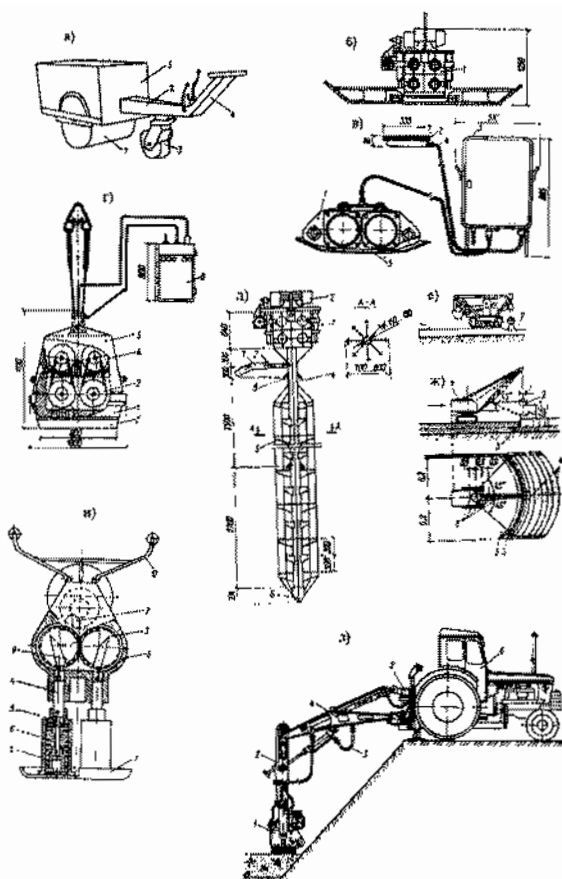
При использовании навесных трамбующих плит глубина уплотнения грунта зависит от диаметра и массы трамбующего органа (рис. 2.25, ж). Свободно подвешенные плиты поднимают на высоту 1 – 2 м и при их падении за несколько раз уплотняют грунт.

Трамбование тяжелыми плитами с диаметром 1 – 1,6 м массой 2,5 – 4,5 т обеспечивает уплотнение слоя толщиной 1,2 – 1,6 м для связного и 1,4 – 1,8 м для несвязного грунта. Грунт уплотняют полосами шириной 0,9 диаметра трамбующего органа с перекрытием смежных следов на 0,5 диаметра.

Для уплотнения грунтов в стесненных условиях целесообразно использовать также навесные средства, как гидравлические и пневматические молоты с уплотняющими плитами. Толщина уплотняемого слоя в зависимости от типа молота будет для связных грунтов 0,25 – 0,7 м и 0,25 – 0,4 м, для несвязных – 0,3 – 0,8 м и 0,3 – 0,5 м (рис. 2.25, з). В таких случаях эффективны также пневмопробойники и стайки ударноканатного бурения. Образующие при уплотнении скважины следует засыпать местным грунтом слоями по 1 м с уплотнением. В результате вокруг скважины образуется зона уплотненного грунта размером 2,5 – 3 диаметра скважины.

В стесненных и неудобных местах при засыпке, например, траншей, ям и котлованов применяют механические трамбовки с ручным управлением, в том числе самопередвигающиеся электротрамбовки типа ИЭ и пневматические трамбовки ТР и Н. Электротрамбовками (рис. 2.30, н) массой от 18 до 180 кг уплотняют несвязный грунт при толщине слоя 0,15 – 0,5 м, массой 80 и 180 кг – связный грунт при толщине слоя соответственно 0,3 и 0,4 м.

Иногда в силу необходимости грунт уплотняют различными средствами, т.е. комбинированным методом. Пример его показан на рис. 2.31.



**Рис. 2.30.** Средства для уплотнения грунтов: а - одновалцовый малогабаритный виброкоток: 1 - валец; 2 - рама; 3 - опорный валик; 4 - дышло; 5 - двигатель внутреннего сгорания; б - подвесная виброплита: 1 - вибропогрузитель ВПП-2; 2 - самопередвигающаяся трамбовка ВУТ-3: 1 - вибровозбудитель; 2 - пусковое устройство; 3 - пульт дистанционного управления; 4 - кабель; 5 - трамбуемая плита; г - подвесная виброотрамбовка ПВТ-3: 1 - корпус; 2 - вал эксцентриковый; 3 - плита трамбуемая; 4 - электродвигатель; 5 - кожух; 6 - пульт управления; д - глубинная виброударная установка ВУП: 1 - вибропогрузитель ВПП-2; 2 - электродвигатель; 3 - патрубок; 4 - створ; 5 - ребро; 6 - наконечник ствола; 7 - резиновый шланг; 8 - патрубок; е - уплотнение грунтотрамбовочной машиной ДУ-12Б: 1 и 2 - толщины соответственно уплотняемого и уплотненного слоев; ж - уплотнение грунта навесной трамбуемой плитой: 1 - экскаватор с навесной трамбуемой плитой; 2 - трамбуемая плита; 3 - полосы перекрытия; 4 - уплотняемые полосы грунта; 5 - уплотненные участки; 6 - стоянки экскаватора по оси движения; з - навесной гидромолот на тракторе: 1 - навесная гидротрамбовка; 2 - рукоятка; 3 - гидросистема; 4 - стрела; 5 - поворотная колонка; 6 - трактор; и - электрическая трамбовка: 1 - трамбуемый башмак; 2 - редуктор; 3 - кривошипно-шатунный механизм; 4 - ползун; 5 - ступенчатый шток; 6 - пружина; 7 - цилиндр; 8 - корпус; 9 - неуравновешенная масса; 10 - рукоятка управления



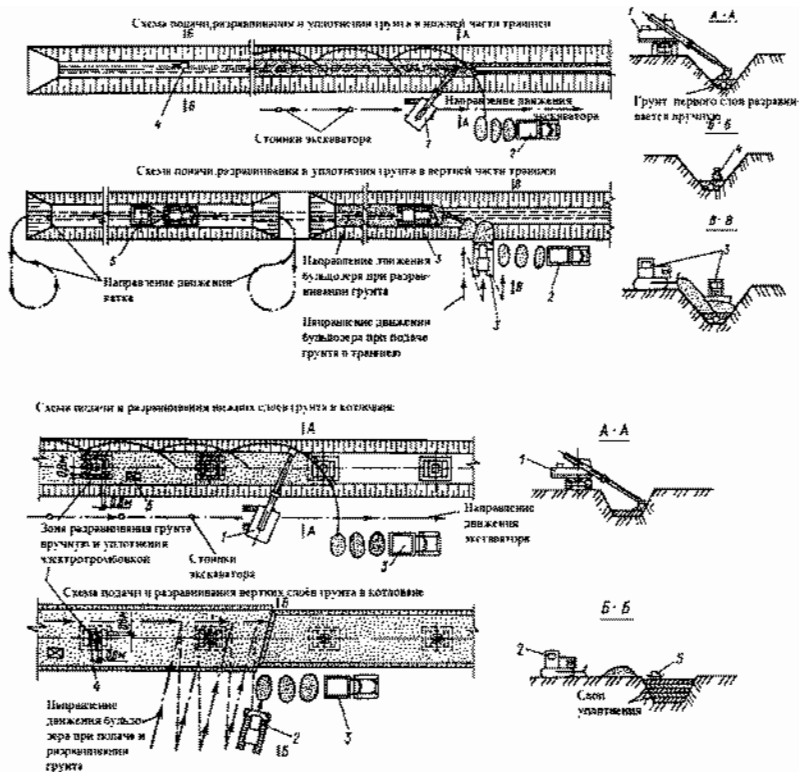


Рис. 2.31. Схемы уплотнения грунта комбинированным методом: а - обратная засыпка и уплотнение грунтов в траншее при прокладке трубопроводов: 1 - экскаватор-планировщик или драглайн; 2 - автосамосвал; 3 - бульдозер; 4 - электротрамбовка; 5 - пневмокоток; б - технология уплотнения грунта при обратной засыпке столбчатых фундаментов: 1 - экскаватор-планировщик; 2 - бульдозер; 3 - автосамосвал; 4 - электротрамбовка; 5 - самопередвигающаяся вибротрамбовка ВУТ-3

## 2.20. Особенности производства земляных работ в зимнее время

Зимой, при установлении отрицательных температур, происходит замерзание грунта вследствие потери тепла и перехода содержащейся в его порах воды в лед, сопровождающееся изменением его физико-механических свойств (прочности, деформативности, электро- и теплопроводности и др.).

Глубина промерзания ( $h_{np}$ ) грунта в основном зависит от его теплофизических свойств, интенсивности и продолжительности воздействия отрицательных температур. По формуле профессора А.Н. Будникова

$$h_{np} = 2\lambda\sqrt{TZC_n},$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности грунта;  $T$  - среднесуточная температура воздуха в зимний период;  $Z$  - количество суток с отрицательной темпе-

ратурой на момент определения  $h_{пр}$ ;  $C_n$  - коэффициент, учитывающий влияние снежного покрова на снижение глубины промерзания; при толщине снежного покрова 10, 20, 40 см значение  $C_n$  соответственно равно 0,5; 0,4; 0,3.

Для ориентировочного определения  $h_{пр}$  можно пользоваться графиком, приведенным на рис. 2.32, а. Для глинистых грунтов величины, указанные на графике, следует брать с поправочным коэффициентом 0,8, а для песчаных и супесей – 1,2.

Учитывая, что при замерзании механическая прочность грунта, а следовательно и трудоемкость разработки, резко возрастают, экономически целесообразно (если позволяют обстоятельства) проводить мероприятия по предварительной защите грунта от промерзания, обеспечивающие его разработку в талом виде. Таким образом, основными методами подготовки и разработки грунтов в зимний период являются предохранение их от промерзания, тепловое и химическое оттаивание, рыхление и механическая разработка мерзлых грунтов. Факторами, определяющими выбор методов и способов зимней разработки грунта, являются объемы работ, свойства грунта, вид земляного сооружения и конкретные условия строительства. Средства для разработки мерзлых грунтов представлены на рис. 2.32.

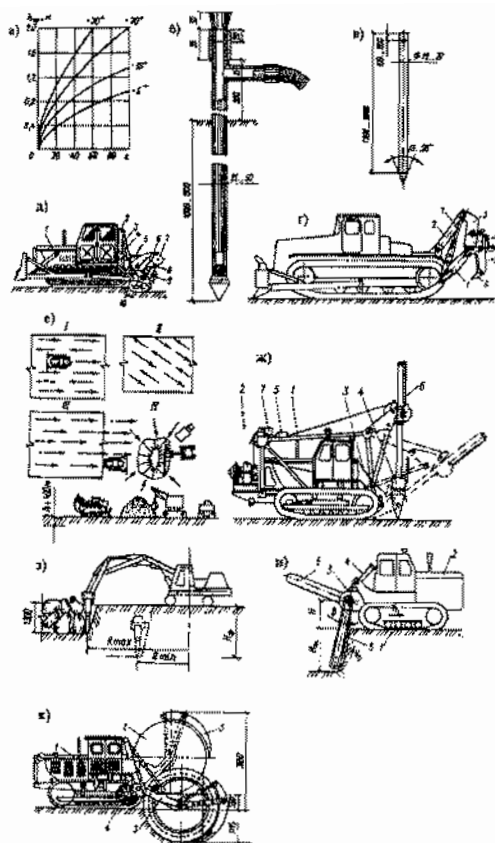
*Предохранение грунта от промерзания* выполняют задолго до наступления холодов путем его вспахивания с боронованием, глубокого рыхления, укрытия утепляющими материалами и химической обработки.

Для вспахивания грунта применяют различные плуги с глубиной рыхления не менее 35 см и рыхлители с глубиной рыхления 50 ... 70 см. Затем грунт боронуют на глубину 15 ... 20 см. При глубоком рыхлении (на глубину 1,3 ... 1,5 м) используют одноковшовые экскаваторы с ковшом вместимостью 0,4 ... 0,65 м<sup>3</sup>, при этом грунт разрабатывают навывмет и укладывают на место смежной (предыдущей) проходки.

В качестве утепляющих материалов используют местные материалы: сухие листья, торф, опилки, солома, камыш, шлак и др. Могут применяться и полимерные материалы: пленки, пенопласт и т.п. Иногда грунт перед вспахиванием подвергают химической обработке, т.е. пропитке поверхностного слоя грунта хлористым кальцием и натрием, нитрит-нитратом натрия, которые понижают температуру замерзания воды в грунте (до – 30°C). Защищенный от промерзания грунт разрабатывают обычным механизированным способом.

Однако, когда грунт не удалось своевременно предохранить от замерзания и по графику работ грунты необходимо разрабатывать в зимнее время, т.е. в мерзлом состоянии, то в этом случае приходится либо их оттаивать, либо разрабатывать в мерзлом виде с использованием специальных средств и методов.

**Способы оттаивания мерзлых грунтов** различны (рис.2.33) и основаны на том, что за счет теплоты, передаваемой в слой мерзлого грунта, растапливается лед в его порах и грунт делается талым. Оттаивание грунтов применяют при малых объемах работ, в стесненных условиях, труднодоступных.



**Рис. 2.32.** Средства, применяемые для разработки мерзлых грунтов: а - зависимость глубины промерзания  $h_{пр}$  сулгинков от количества суток с отрицательной температурой воздуха  $Z$ ; б - паровая игла; в - глубинный электрод; г - рыхлитель (бульдозер) на тракторе: 1 - рама рыхлителя нижняя; 2 - то же, верхняя; 3 - поперечная рабочая балка; 4 - поворотные кронштейны; 5 - съемные зубья; 6 - накопечник; 7 - гидроцилиндры; д - землеройно-фрезерная машина: 1 - бульдозер; 2 - рама неподвижная; 3 - гидроцилиндр для подъема и опускания рабочего органа; 4 - коробка отбора мощности; 5 - карданный вал; 6 - редуктор дифференциальный; 7 - муфта предельного момента; 8 - редуктор бортовой левый; 9 - рабочий орган; 10 - рама подвижная. е - схема послойной разработки мерзлого грунта толщиной до 2 м с использованием рыхлителя: I - рыхление продольными проходами рыхлителя; II - то же, диагональными проходами; III - перемещение разрыхленного грунта бульдозером в кавальер; IV - погрузка грунта в самосвал; ж - двухклинный рыхлитель: 1 - металлокопструкция; 2 - лебедка; 3 - механизм управления рабочим оборудованием; 4 - рабочее оборудование; 5 - направляющий ролик; 6 - цепь предохранения; 7 - гидросистема; и - двухбаровый щелерез: 1 - гусеничный ход; 2 - двигатель; 3 - редуктор привода бара; 4 - гидроцилиндр подъема и опускания бара; 5 - рабочий орган бара;  $H_{щ}$  - глубина нарезания щелей; Н - высота расположения приводного редуктора; к - диско-фрезерная машина: 1 - трактор; 2 - фреза; 3 и 4 - соответственно подвижная и неподвижная рамы; 5 - грунтподборщик

тушных местах и в случаях, когда нельзя использовать более экономичные и менее энергоемкие способы. Оттаивание грунта осуществляют как с помощью естественных источников тепла – солнечного тепла, тепла воды из естественных водоемов, так и искусственных – за счет сжигания твердого, жидкого или газообразного топлива, использования пара или электроэнергии. Выбор способа оттаивания и источника тепла производят путем технико-экономического сравнения с учетом условий района строительства. По направлению распространения тепла в грунте можно выделить следующие три основных способа оттаивания: сверху вниз (поверхностный); снизу вверх (глубинный); по радиальному направлению.

Поверхностное оттаивание производят либо с использованием естественных источников тепла, либо искусственных – горячими газами (огневой способ), в тепляках, отражательными печами, горизонтальными электродами, химическим способом (рис. 2.33, а, б). Оттаивание химическим способом предусматривает введение в грунт раствора хлористого натрия, под действием которого в порах мерзлого грунта растворяются кристаллы льда.

Глубинное и радиальное оттаивание осуществляют гидравлическим, циркуляционными водяными, паровыми и электрическими иглами, а также электродами (рис. 2.33, в - з).

**Рыхление и разработку грунтов в мерзлом состоянии** осуществляют взрывным или механическим способом.

Взрывной (шпуровой или щелевой) способ является одним из основных способов подготовки мерзлых грунтов к разработке экскаваторами. Он особенно эффективен при глубинах промерзания 0,4 ... 1,5 м и более и при значительных объемах разработки мерзлых грунтов. Его применяют преимущественно на незастроенных участках, а на застроенных – с использованием укрытий и локализаторов взрыва (тяжелых пригрузочных платформ). При рыхлении на глубину до 1,5 м применяют шпуровой и щелевой методы, а при больших глубинах – скважинный или щелевой. Щели на расстоянии 0,9 ... 1,2 м одна от другой нарезают щеленарезными машинами фрезерного типа или баровыми машинами. Заряжают щели через одну удлиненными или сосредоточенными зарядами, после чего их сверху забивают песком. Шпуры и скважины располагают в шахматном порядке.

При рыхлении грунта взрывным способом (рис. 2.34, а) участок разбивают на захватки, где на первой из них бурят шпуры, заряжают и взрывают их; на второй работы по условиям безопасности не производят; на третьей ведут разработку грунта. Размеры захваток определяют исходя из сменной производительности экскаватора (экскаваторов).

Механическое рыхление мерзлых грунтов применяют при глубине промерзания 0,4 ... 1,5 м и небольших по площади выемках котлованов и траншей. При этом осуществляют дробление или скол мерзлого слоя динамическим или статическим воздействием специального сменного

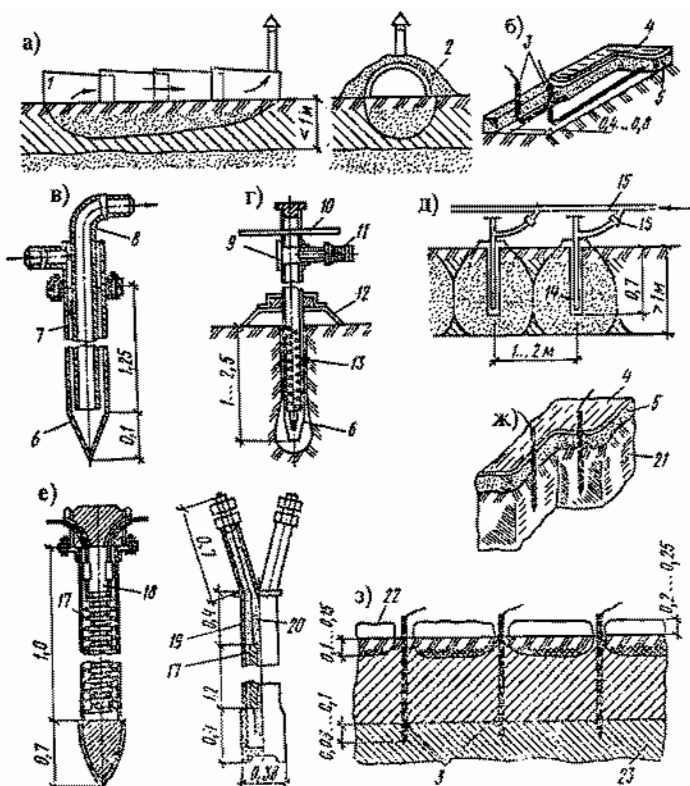


Рис. 2.33. Оттаивание мерзлого грунта с помощью горячих газов, пара, воды и электроэнергии: а - огневым способом; б - горизонтальными электродами; в - водяной циркуляционной иглой; г - паровой иглой; д - схема подключения паровой иглы; е - электрической иглой; ж - электродами, при прогреве грунта сверху вниз; з - глубинными электродами, для подогрева грунта снизу вверх; 1 - камера сгорания; 2 - обсыпка грунтом; 3 - электроды; 4 - верхний слой утепления; 5 - слой опилок; 6 - наконечник; 7, 8 - наружная и внутренняя стальные трубы; 9 - тройник; 10 - рукоять; 11 - паровой шланг; 12 - козпак, препятствующий утечке пара; 13 - труба с отверстиями; 14 - паровая игла; 15 - паропровод; 16 - паровой вентиль; 17 - электронагревательная нихромовая спираль; 18 - кварцевый песок; 19 - стальная труба; 20 - магнетит; 21 - мерзлый грунт; 22 - снежный покров; 23 - незамерзший грунт

рабочего оборудования, установленного на базовой машине (тракторе, экскаваторе и т.п.). Динамическое воздействие обеспечивают за счет удара, вибрации или совместного их воздействия с применением шара- или клин-молота, дизель-молотов, клиновых тракторных рыхлителей и др. Статическое воздействие при разрушении мерзлого грунта обеспечивают за счет внедрения в него рабочего органа, состоящего из одного или нескольких (до 5) зубьев при одновременном движении трактора (тягача).

Для рыхления мерзлого грунта механическим способом при разработке котлованов используют невесные (статические) рыхлители и земле-

ройно-фрезерные машины, а также баровые машины (для нарезки мерзлого грунта на блоки), а при разработке траншей – дисковые экскаваторы, фрезерные и баровые машины; при вертикальной планировке площадки – навесные рыхлители. Эти машины работают обычно вместе с экскаваторами, которые разрабатывают как разрыхленный мерзлый, так и немерзлый (талый) грунт.

При небольшой глубине промерзания грунта его рыхлят тракторными рыхлителями продольными проходками под углом  $60^\circ$ . Разрыхленный грунт перемещают бульдозером в торец котлована и экскаватором грузят на самосвалы. Последующие слои мерзлого грунта можно разрабатывать рыхлителем сначала поперечными проходками, затем продольными и диагональными. Зуб рыхлителя, в зависимости от свойств грунта и мощности бульдозера, заглубляют на 0,5 ... 0,8 м.

При большой глубине промерзания часто практикуют блочные методы разработки мерзлых грунтов, когда монолитность их предварительно нарушают нарезкой на блоки (полосы) с помощью специальных машин, оборудованных дисковыми пилами или барами. Обычно используют мелко- и крупноблочные методы разработки грунтов. Мелкоблочный метод (рис. 2.34, б) применяют при рытье небольших котлованов и траншей при глубине промерзания 0,6 ... 1,4 м. Продольными и поперечными прорезами дискофрезерной машины или барами разрезают мерзлый слой на блоки размером от 0,6x0,8 до 1x1,1 м, а затем экскаватором с прямой лопатой (емкость ковша 0,65 ... 1 м<sup>3</sup>) грузят мерзлые блоки и разрабатывают талый грунт. Крупноблочный метод используют при разработке котлованов вблизи зданий или сооружений, когда не допускаются сотрясения грунта, неизбежные при ударном и виброударном рыхлении. Мерзлые грунты нарезают на блоки массой 4 ... 10 т с последующим удалением их из забоя бульдозерами (рис. 2.34, в), кранами (рис. 2.34, г) или электролебедками. При использовании кранов блоки отрывают и отодвигают от талого основания бульдозерами, а затем с помощью клещевого захвата грузят на самосвалы со снятым задним бортом (рис. 2.34, г). Выемки при этом разбивают на две захватки: на первой нарезают блоки, а на второй их краном удаляют и подчищают основание.

Разработку грунтов в мерзлом состоянии можно вести только с помощью мощного землеройного оборудования, которое позволяет разрабатывать мерзлый грунт без его предварительной подготовки (рыхления). В качестве такого оборудования применяют гидравлические экскаваторы. Особенно эффективно они работают при использовании прямых и обратных лопат с ковшами активного действия, в днище которых смонтированы пневмомолоты с зубьями, обеспечивающие разрушение мерзлого грунта.

**Способы разработки траншей в зимнее время** следующие: разработка траншей в задел; с предохранением грунта от промерзания; без предварительной подготовки; с предварительным рыхлением. Разработку

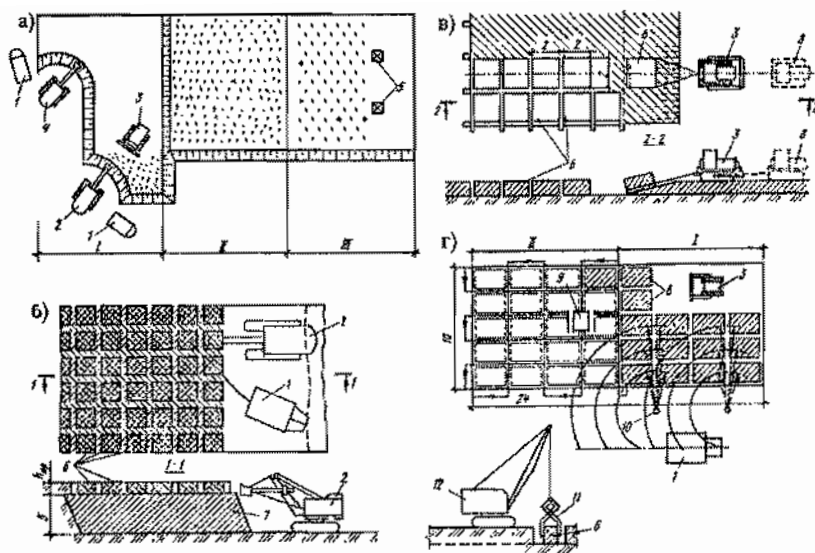


Рис. 2.34. Рыхлаение мерзлых грунтов при устройстве котлованов: а - взрывным способом; б - то же, механическим мелкоблочным; в - крупноблочным с удалением блоков бульдозерами; г - то же, с погрузкой блоков краном на самосвалы; 1 - самосвал; 2 - экскаватор с прямой лопатой для погрузки мерзлого грунта; 3 - бульдозер; 4 - экскаватор для разработки немерзлого грунта; 5 - буровые станки; 6 - мерзлый грунт, нарезанный на блоки; 7 - талый грунт; 8 - трактор (тягач); 9 - баровая машина; 10 - стойка крана; 11 - клещевой (фрикционный) захват; 12 - кран; I ... III - захватки

траншей в задел (т.е. заблаговременно) на полный профиль производят в осенний период до наступления морозов. Недостатком этого способа является то, что откосы траншеи с течением времени частично обрушаются, а отвал грунта к моменту засыпки трубопроводов смерзается, что требует его предварительного рыхлаения перед засыпкой. Способы разработки траншей с предохранением грунта от промерзания принципиально аналогичны способам, рассмотренным выше. Траншей без предварительной подготовки разрабатывают в тех случаях, когда имеются необходимые технические условия. В стране создано несколько типов экскаваторов, приспособленных для разработки траншей в мерзлых грунтах. Они оснащены специальным режущим инструментом в виде клыков, зубьев или коронок со вставками из твердого сплава, укрепляемых на ковшах экскаваторного ротора. При глубине промерзания до 0,3 м траншеи можно разрабатывать одноковшовыми экскаваторами, а в грунтах с глубиной промерзания до 1,5 м их на полный профиль можно отрывать роторными экскаваторами.

Способ разработки траншей с предварительным рыхлаением грунта взрывным или механическим способом применяют при промерзании грунта на глубину более 0,4 м. Рыхлаение производят шпуровыми зарядами или

с помощью рыхлителей. Разрыхленный грунт планируют бульдозером, а разработку траншеи осуществляют одноковшовым экскаватором. Протяженность участка разрыхляемого грунта необходимо принимать равной сменной производительности экскаватора во избежание повторного смерзания грунта.

Темпы ведения земляных работ при рытье траншей в зимнее время необходимо строго согласовывать с темпами изоляционно-укладочных работ на трубопроводе, так как при опережении земляных работ даже на 2 ... 3 дня возникает опасность смерзания отвала грунта. Это потребует либо предварительного разрыхления грунта в отвале перед засыпкой трубопровода (что сделать не всегда легко), либо присыпки труб перед обратной засыпкой.

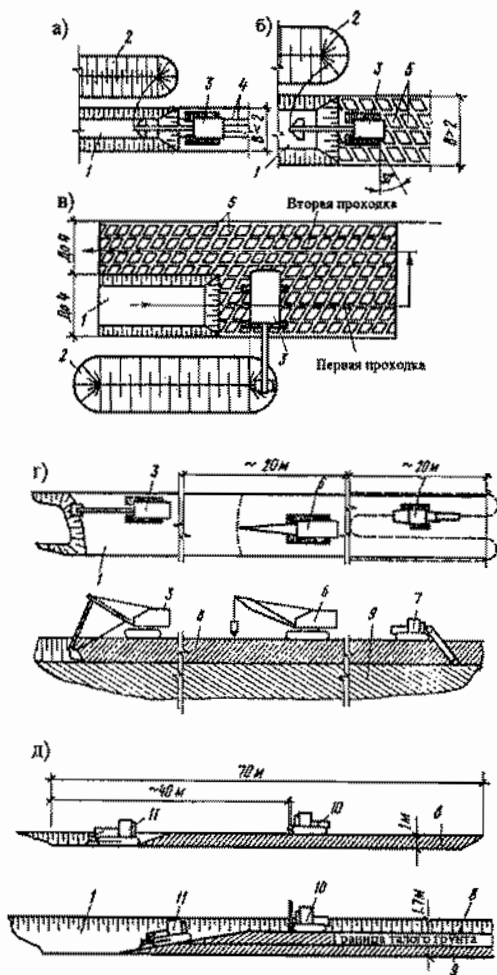


Рис. 2.35. Разработка траншей в мерзлых грунтах с предварительным их рыхлением: а - шириной до 2 м с нарезкой продольных щелей; б - шириной более 2 м с нарезкой косягольных блоков; в - то же, шириной 8 м за две проходки экскаватора; г - разработка траншей коллектора баровой машиной, клин-бабой и обратной лопатой; д - разработка траншеи машиной ударного действия М-1-28 и бульдозером; 1 - траншея; 2 - отвал; 3 - экскаватор с обратной лопатой; 4 - продольные прорезы; 5 - нарезанные блоки; 6 - клин-баба; 7 - баровая машина; 8 - мерзлый грунт; 9 - талый грунт; 10 - машина М-1-28; 11 - бульдозер



При разработке траншей в мерзлых грунтах чаще всего используют несколько типов машин, каждая из которых подготавливает фронт работ для машин, выполняющих последующие операции. Например, расчистка бульдозером поверхности грунта от снега позволяет приступить к рыхлению или прорезанию мерзлого грунта рыхлителями (баровыми машинами), которые, в свою очередь, подготавливают фронт работ экскаватору и т.д. При глубине промерзания до 1,3 м траншей, неширокие котлованы можно разработать обратными лопатами с ковшем вместимостью 0,65 м<sup>3</sup> и выше при предварительном нарезании прорезей через 0,4 ... 0,5 м баровой машиной. Причем при ширине траншей до 2 м достаточно сделать продольные прорезы вдоль траншей (рис. 2.35, а), а при ширине более 2 м делают и поперечные прорезы под углом 30°, нарезая при этом блоки в виде ромбов (рис. 2.35, б). Широкие траншеи или котлованы (шириной до 8 м) разрабатывают двумя торцовыми проходками экскаватора (рис. 2.35, в). При разработке широких траншей для прокладки коллекторов в мерзлых грунтах при значительной глубине промерзания обычно применяют баровые машины, экскаваторы с клинмолотом и экскаваторы с обратной лопатой, как это показано на примере отрывки траншей шириной поверху 6 и понизу 4 м и глубиной 4 м при глубине промерзания грунта 1,7 м (рис. 2.35, г). Пример разработки траншеи прямоугольного сечения шириной 3 и глубиной 2,7 м в грунте с промерзанием 2,1 м приведен на рис. 2.35, д.

**Засыпка траншей с трубопроводами в зимних условиях.** Если строительство трубопроводов осуществляют поточно-совмещенным методом (трубопровод укладывают в траншею непосредственно после ее разработки), обратную засыпку его талым грунтом осуществляют бульдозером, как и в обычных условиях. В случае смерзания грунта в отвале, например при нарушении поточности, трубопровод в траншее во избежание повреждения изоляции присыпают на высоту не менее 0,2 м выше трубы талым грунтом. Дальнейшую засыпку трубопровода мерзлым грунтом, не содержащим комьев более 5 ... 10 см, выполняют бульдозерами.

## Глава 3. ПРОЦЕССЫ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

### 3.1. Работы по устройству оснований и фундаментов

Работы по устройству оснований и фундаментов входят в состав работ по возведению подземной части зданий, являющейся наиболее ответственной частью сооружения. Основными элементами подземной части являются основания и фундаменты.

Под *основаниями* понимаются напластования грунтов, которые воспринимают нагрузку от здания или сооружения. Различают основания естественное, сложенное природными грунтами, и искусственные, когда природные грунты частично заменены или свойства их улучшены тем или иным способом (уплотнением, укреплением и т.п.).

*Фундаменты* служат для передачи нагрузки от сооружения на основание. Все известные виды фундаментов можно разделить на две большие группы: фундаменты, возводимые в открытых котлованах, и фундаменты, устраиваемые без отрывки котлованов (свайные, шпелевые, буровые, тонкостенные цилиндрические оболочки, опускные колодцы и кессоны).

В комплексе работ по возведению подземной части зданий и сооружений особо важны работы по подготовке оснований.

Подготовка оснований состоит из ряда процессов, состав которых зависит от инженерно-геологического строения площадки, передаваемых нагрузок и конструкции подземной части здания. Целью подготовки основания является создание надежного контакта фундамента с основанием. Работы по устройству оснований в сложных инженерно-геологических условиях, которые обычно характерны при устройстве объектов систем водоснабжения и водоотведения, требуют выполнения специальных строительных работ, таких, например, как водопонижение, бурение, взрывные работы, уплотнение, обжиг, цементация, химическое укрепление и т.п.

В водопроводном строительстве наиболее часто подземную часть зданий возводят в открытых котлованах. Однако, в некоторых случаях, в том числе в сложных грунтовых условиях, возведение подземной части в открытых котлованах может оказаться нерациональным по экономическим и техническим соображениям. Тогда устраивают свайные и другие виды фундаментов глубокого заложения.

Свайные фундаменты включают в себя сваи и ростверк, объединяющие сваи в верхней части. Сваи устраивают путем погружения в грунт готовых конструкций или изготавливают сваи на месте, т.е. непосредственно в грунте.

Прочность и устойчивость построенных зданий и сооружений в значительной мере зависит от качества подготовки основания. При этом очень важным является уплотнение оснований, выполняемое с целью повышения их прочности и снижения осадок зданий и сооружений. Обычно уплотнению подлежат недоуплотненные макропористые сжимаемые грунты, к кото-

рым относятся: лесовые просадочные, рыхлые песчаные, слабые глинистые и некоторые другие виды грунтов. Различают поверхностное и глубинное уплотнение основания.

*Поверхностное уплотнение* выполняют путем послойного уплотнения грунта при устройстве подушек или уплотнением оснований тяжелыми трамбовками.

*Глубинное уплотнение* производится посредством устройства грунтовых свай, виброуплотнения, предварительного замачивания и замачивания с глубинными взрывами.

*Уплотнение тяжелыми трамбовками* обеспечивается за счет свободного сбрасывания трамбовки массой 5 – 15 т с высоты 4 – 8 м. На практике применяют трамбовки диаметром по нижнему основанию 1,2 – 3 м. Диаметр и массу трамбовок подбирают в зависимости от требуемой глубины уплотнения, формы и размеров уплотняемых оснований. При назначении массы трамбовки следует исходить из того, чтобы статическое давление на грунт составляло не менее 15 кПа. Иногда применяют сверхтяжелые трамбовки, как, например, во Франции трамбовками массой 200 т, по данным фирмы «Луи Мениар», уплотняли насыпи и водонасыщенные пески на глубину до 49 м, сбрасывая их с высоты 20 м специальным стреловым крапом. В Англии и Швеции применяли трамбовки массой 40 – 50 т, а в Японии – массой 150 т. В Швеции трамбовками массой 40 т при высоте их сбрасывания 40 м уплотняли щебеночно-камениую насыпь на глубину до 40 м.

Уплотнение тяжелыми трамбовками используют при уплотнении лесовых просадочных, рыхлых песчаных и слабых пылевато-глинистых грунтов. Основания уплотняют с поверхности открытого котлована по всей площади застраиваемого здания или под отдельными фундаментами. Трамбовки изготовляют из железобетона или металла в виде усеченного конуса с изкорасположенным центром тяжести, за счет чего достигается вертикальность падения и устойчивость трамбовки при ударе по грунту (рис. 3.1, а).

Трамбовку подвешивают к стреле крапа на канате через специальную подвеску, препятствующую скручиванию каната (рис. 3.1, б). Высоту сбрасывания трамбовки принимают исходя из массы трамбовки. Так, при массе 5 – 7 т высота сбрасывания должна быть не менее 6 – 8 м, а при массе 10 – 15 т соответственно 12 – 15 м.

Глубина уплотнения основания тяжелыми трамбовками достигает 2 – 8 м и зависит от массы трамбовки, высоты сбрасывания, диаметра трамбовки, числа ударов и характеристик грунта и приближенно может быть определена по формуле

$$h_s = kd,$$

где  $k$  – коэффициент, принимаемый для супесей и суглинков 1,8, для глины – 1,5;  $d$  – диаметр основания трамбовки, м.

Поверхностное уплотнение применяют в пылевато-глинистых грунтах со степенью влажности не менее 0,75 и плотностью сухого грунта не выше 1,55 г/м<sup>3</sup>.

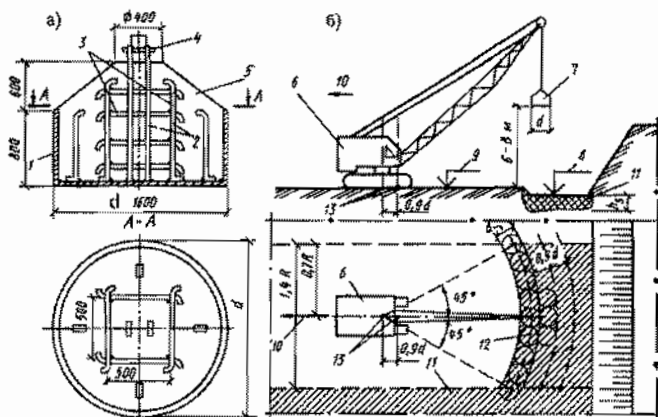


Рис. 3.1. Уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками: а - конструкция тяжелой трамбовки; б - схема производства работ; 1 - стальной лист толщиной 20 мм; 2 - стальные пластины толщиной 20 мм; 3 - арматурные стержни; 4 - устройство для присоединения к канату; 5 - пространство, заполняемое бетоном; 6 - кран; 7 - трамбовка; 8 - проектная отметка; 9 - отметка дна котлована перед трамбованием; 10 - направление движения крана; 11 - уплотненный грунт; 12 - полоса, уплотненная с одной стоянки; 13 - стоянки крана через 0,9d (d - диаметр основания трамбовки)

Наибольшая эффективность уплотнения достигается при оптимальной влажности грунта, определяемой по результатам опытного уплотнения или приблизительно по формуле

$$w_0 = w_p - (0,01 \dots 0,3),$$

где  $w_p$  - влажность грунта на границе раскатывания.

Если грунт основания, подлежащий уплотнению, имеет влажность менее оптимальной, то его следует доувлажнять. При этом необходимое количество воды должно быть равномерно распределено по уплотняемой площади. После выливания воды и подсыхания грунта до влажности, близкой к оптимальной, производят уплотнение грунта.

Необходимое количество воды, м<sup>3</sup>, на весь объем уплотняемого основания определяют по формуле

$$Q = [1,2\rho_d(w_0 - w) / \rho_w] h_s F,$$

где  $\rho_d$  - плотность сухого грунта до уплотнения, кг/м<sup>3</sup>;  $w_0$  - оптимальная влажность грунта;  $w$  - природная влажность грунта;  $\rho_w$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $h_s$  - глубина уплотнения грунта, м;  $F$  - уплотняемая площадь, м<sup>2</sup>.

Поскольку в результате уплотнения основания отметка дна котлована понижается, то его следует отрывать с недобором, величину которого можно определить по формуле

$$\Delta h = 1,2h_s(1 - \rho_d / \rho_{ds}),$$

где  $\rho_{ds}$  - среднее значение плотности сухого грунта в процентах уплотнионого слоя, г/м<sup>3</sup>;  $\rho_d$  - среднее значение плотности сухого грунта до уплотнения, г/м<sup>3</sup>.

Для уплотнения основания тяжелыми трамбовками массой 2 – 7 т используют краны-экскаваторы типа Э – 10011 и Э – 1252, а для трамбовок массой 10 – 15 т краны-экскаваторы типа Э – 2503 и Э – 2505.

Трамбование сопровождается понижением поверхности, величина которого по мере увеличения числа ударов уменьшается и после некоторого числа ударов становится постоянной. Получаемая в этом случае предельная величина понижения от одного удара называется отказом при уплотнении трамбованием.

Уплотнение производят таким числом ударов, при котором наблюдается отказ. Дальнейшее трамбование после достижения отказа приводит к выпиранию грунтов у поверхности основания и его разрыхлению. Величину отказа устанавливают опытным путем. Ориентировочно величину отказа принимают равной: для пылеватоглинистых грунтов 1 – 2 см, для песчаных 0,5 – 1 см. Число ударов для уплотнения до отказа зависит от начальной величины плотности грунта и колеблется от 5 до 16 ударов.

Величина отказа зависит от параметров трамбовки и высоты ее сбрасывания. Уплотнение грунта трамбовками массой 5 – 7 т в пределах отдельных участков следует производить циклами с последовательным переходом от следа к следу. В каждом цикле по каждому следу производят 2 – 3 удара. В каждом последующем цикле трамбование ведут со смещением следов трамбования предыдущего цикла на половину диаметра трамбовки.

Уплотнение трамбовками массой 10 – 15 т ведут со смещением следов на расстояние, равное одному диаметру трамбовки. При этом по одному следу дается заданное число ударов по уплотнению до отказа.

В зимнее время уплотнение основания тяжелыми трамбовками следует производить при талом состоянии грунта и соответственной влажности. Мерзлые грунты уплотнять нецелесообразно.

**Глубинное уплотнение грунтовыми сваями** применяют для уплотнения оснований из насыпных и просадочных грунтов. При этом уплотнение достигается за счет вытеснения грунта в стороны при продавливании или пробивке скважины, а также расширению скважины-шпуров энергией взрыва. Готовые скважины заполняют грунтом с послойным уплотнением, что позволяет создать уплотненный слой толщины от 5 до 25 м.

Для достижения проектной плотности грунта  $\rho_{ds}$  грунтовые сваи размещают в шахматном порядке по вершинам равностороннего треугольника на расстоянии  $l$ , обеспечивающим смыкание зон и образование уплотненного массива грунта.

Расстояние между центрами грунтовых свай определяют по формуле

$$l = 0,95d \sqrt{\rho_{ds} / (\rho_{ds} - \rho_d)},$$

где  $d$  - диаметр скважины, м;  $\rho_{ds}$  - средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве, принимается 1,65 – 1,75 г/м<sup>3</sup> в зависимости от особенностей уплотняемых оснований и назначения грунтовых свай;  $\rho_d$  - плотность сухого грунта природного сложения, г/м<sup>3</sup>.

При практических расчетах расстояние между осями грунтовых свай можно определить по формуле

$$l = md,$$

где  $m$  - коэффициент, зависящий от пористости природного грунта и требуемой проектом плотности  $\rho_d$ , который принимают по табл.3.1.

Таблица 3.1

### Значения коэффициента $m$

Природная пористость грунта	Значение коэффициента $m$ при проектной плотности $\rho_d$ , г/м <sup>3</sup>	
	1,65	1,7
55	1,8	1,75
52	2	1,92
50	2,25	2,1
48	2,5	2,25
46	2,75	2,5
44	3,25	3

Глубинное уплотнение станками ударно-канатного бурения допускается при природной влажности, а с использованием взрыва – только при оптимальной влажности.

При этом вначале указанными станками бурят скважины диаметром 0,5 м, а затем в них засыпают грунт, в качестве которого используют супеси и суглинки, имеющие оптимальную влажность. Для засыпки грунта в скважину используют своеобразную бадью, изготовленную из отрезка трубы диаметром 522 мм, длиной до 500 мм. Каждую порцию грунта в скважине трамбуют, при этом масса ударной части должна быть не менее 2 т. Набивку скважины ведут до ее полного заполнения.

При этом скважины следует устраивать через одну, а пропущенные – только после засыпки и послойного уплотнения ранее пройденных.

Массу материала засыпки оптимальной влажности для набивки 1 м длины грунтовой сваи определяют по формуле

$$m = k_g A_h \rho_{ds} (1 + w_s),$$

где  $k_g$  - коэффициент, учитывающий увеличение диаметра грунтовой сваи при уплотнении материала засыпки. Для супесей  $k_g=1,4$ , а для суглинков и

глины  $k_g=1,1$ ;  $A_h$  - площадь поперечного сечения грунтовой сваи,  $m^2$ ;  $\rho_{ds}$  - плотность сухого уплотненного грунта в теле грунтовой сваи, равная  $1,75$   $г/м^3$ ;  $w_s$  - влажность грунта, засыпаемого в скважину.

При засыпке и уплотнении грунтовых свай за счет частичного вытеснения грунтов в их верхней части, называемой буферным слоем, грунт разуплотняется и поэтому после окончания уплотнения основания этот слой необходимо или доуплотнить тяжелыми трамбовками, или снять.

Толщину буферного слоя принимают равной

$$h_b = k_b d ,$$

где  $k_b$  - коэффициент пропорциональности, принимаемый равным: для супесей - 4, суглинков - 5 и глин - 6;  $d$  - диаметр скважины, м.

Отметку дна котлована назначают с учетом последующей частичной срезки буферного слоя или его доуплотнения. При промерзании верхнего слоя основания более 0,2 м мерзлый грунт необходимо проходить шнековыми бурами или производить электропрогрев грунта. Засыпаемый в скважины грунт не должен содержать мерзлых включений грунта.

Для глубинного уплотнения оснований может быть использован метод винтового продавливания скважин, в основу которого положен способ образования скважин в грунте спиралевидными снарядами. При проходке скважин грунт не извлекают, а скважину расширяют до проектного диаметра путем непрерывного уплотнения грунта с помощью радиально направленных сил, создаваемых снарядом, который погружают в грунт вращением и осевым давлением.

При использовании этого метода вначале спиралевидным снарядом проходят скважину, которую заполняют грунтом с его уплотнением, причем дважды (рис. 3.2).

Расстояние между скважинами определяют исходя из условий обеспечения совместной работы в массиве основания, а также необходимой его несущей способности. Расстояние между центрами скважин определяют по формуле

$$l_{ск} = 0,95d \sqrt{\rho_{ds} / (\rho_{ds} - \rho_d)} ,$$

где  $d$  - диаметр скважины, м;  $\rho_{ds}$  - средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве,  $г/м^3$ ;  $\rho_d$  - плотность сухого грунта природного сложения,  $г/м^3$ .

Описанная технология винтового продавливания скважин наиболее эффективна в макропористых грунтах, в том числе пылевато-глинистых с показателями текучести  $J_L \geq 0,1$ . В качестве базовой машины для погружения спиралевидного снаряда можно использовать буровые установки СО-2, МБС- 1,7, БУК-600 и др., оснащенные шнековыми или другими бурами (см. рис. 3.2). Скорость проходки скважины в пылевато-глинистых грунтах с указанным выше показателем текучести 0,2 - 0,5 м/мин при осевом давлении 30 - 70 Кн.

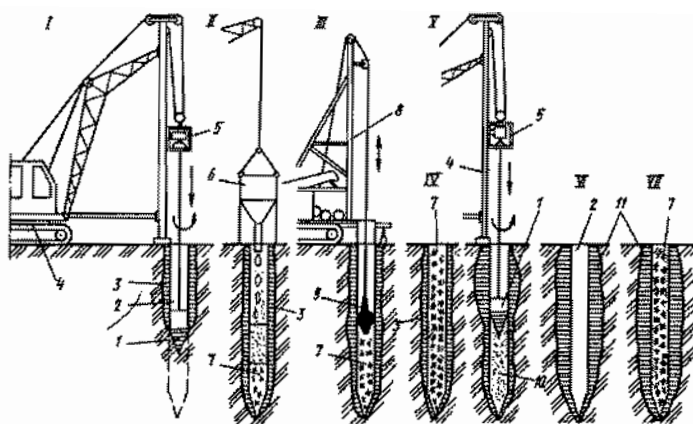


Рис. 3.2. Технология глубинного уплотнения основания грунтовыми сваями с использованием винтового продавливания скважин: I - продавливание скважин спиралевидным снарядом; II - заполнение скважины грунтом; III - уплотнение грунта; IV - готовая грунтовая свая с однократной проходкой скважины; V - вторая проходка скважины спиралевидным снарядом по скважине, заполненной грунтом без уплотнения; VI - скважины с укороченными стенками двукратной проходкой; VII - готовая грунтовая свая с двукратной проходкой скважины; 1 - спиралевидный снаряд; 2 - скважина; 3 - уплотненная зона грунта при однократной проходке скважины; 4 - кран; 5 - буровая установка БУК-600; 6 - бункер для грунта; 7 - уплотненный грунт; 8 - станок БС-1М; 9 - наконечник для уплотнения грунта; 10 - неуплотненный грунт; 11 - уплотненная зона грунта при двукратной проходке скважины

При использовании такой технологии повышается устойчивость стенок скважин, что позволяет в некоторых случаях сократить затраты труда и материалов на выполнение работ по глубинному укреплению.

Глубинное виброуплотнение естественных песчаных оснований основано на способности таких грунтов переходить в плотное состояние под воздействием сил вибрации. Насыщенный водой песчаный грунт при воздействии на него колебательных движений вибратора становится подвижным, зерна его под влиянием силы тяжести перемещаются вниз, и грунт уплотняется.

Глубинное уплотнение таких песчаных грунтов в основаниях осуществляют виброустановкой ВУУП-6 с уплотнителем специальной конструкции. Для повышения эффективности уплотнения в песчаных грунтах природного сложения необходимо предварительно произвести рыхление грунта на глубину уплотнения для разрушения структурных связей песка и увеличения зоны уплотнения. Рыхление и уплотнение целесообразно выполнять по квадратной сетке со сторонами, равными 2 м.

Полный цикл уплотнения песчаных оснований на глубину 6 м в одной точке должен продолжаться не менее 15 мин и состоять из 4 - 5 чередующихся погружений и подъемов уплотнителя. После полного цикла уплотнения грунта основания в четырех точках установка отключается. Иногда



для лучшего уплотнения песчаного основания применяют его искусственное водонасыщение. Виброуплотнение может быть также использовано для уплотнения насыпных и намывных песчаных оснований.

**Глубинное уплотнение оснований предварительным замачиванием**, а также замачиванием и глубинными взрывами применяют с целью повышения прочности и несущей способности, устранения просадочных свойств, снижения их деформативности и коэффициента фильтрации. Эти способы уплотнения основываются на способности некоторых видов грунтов самоуплотняться при замачивании под действием собственного веса. К таким грунтам относятся лессовидные суглинки и супеси, пылеватые пески с высоким коэффициентом фильтрации ( $K_f \geq 0,2$  м/сут).

Процесс уплотнения оснований при предварительном замачивании (рис. 3.3, а) длится медленно, в течение 2 – 3 мес., но эти сроки можно сократить до 3 – 7 дней, если одновременно с замачиванием использовать глубинные взрывы (рис. 3.3, б). При взрывах создается серия ударных волн, которые подвергают грунт многократному динамическому воздействию и в результате глубина уплотнения грунта достигает 30 м.

При залегании на поверхности суглинков или глин для сокращения времени замачивания устраивают дренажные скважины диаметром не менее 150 мм с засыпкой песком или гравием. Их необходимо устраивать на глубину 0,7 – 0,8 просадочной толщи и располагают по периметру котлована через 2 – 4 м.

Для уплотнения грунтов предварительным замачиванием котлованы заполняют водой глубиной 0,3 – 0,8 м с поддержанием уровня до промачивания всей толщи просадочных грунтов и условной стабилизации просадки, за которую принимают просадку менее 1 мм в неделю. Если уплотнение ведут с применением глубинных взрывов, то взрывные работы следует выполнять сразу после подачи в грунт воды.

Время, необходимое для замачивания всей толщи просадочного грунта, определяют по формуле

$$T = \gamma_w H_{st} / K_f,$$

где  $\gamma_w$  - коэффициент, принимаемый равным при замачивании с поверхности дна котлована при наличии дренирующего слоя 1,2, а при замачивании через скважины 0,8;  $H_{st}$  - толщина просадочной толщи, м;  $K_f$  - минимальная величина коэффициента фильтрации слоев грунта, входящих в просадочную толщу, м/сут.

Зону нарушения структуры водонасыщенного грунта определяют по формуле

$$R_n = K_n \sqrt[3]{qe},$$

где  $K_n$  - коэффициент, определяемый экспериментально, для замоченных лессовых супесей и суглинков равен 2,45;  $e$  - коэффициент работоспособности  $BB$ ;  $q$  - масса сосредоточенного заряда.

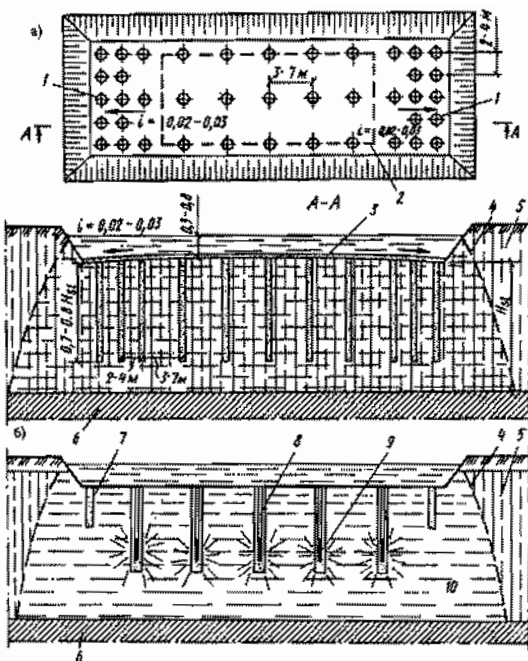


Рис. 3.3. Уплотнение просадочных грунтов предварительным замачиванием (а) и замачиванием с глубинными взрывами (б): 1 - дренажные скважины; 2 - контур возводимого здания; 3 - дренирующий слой из крупнозернистого грунта; 4 - зона замоченного грунта; 5 - лессовый просадочный грунт; 6 - непросадочный грунт; 7 - контурная траншея; 8 - дренажно-взрывная скважина; 9 - глубинный взрыв; 10 - замоченный грунт, уплотненный взрывами

Минимально допустимую глубину размещения заряда  $BB$  по условию образования камуфлетного взрыва определяют по формуле

$$h_s = 8,2 K_{BB} K_{зр} \sqrt[3]{q}$$

где  $K_{BB}$  - коэффициент, зависящий от типа  $BB$ , принимается для тротила и аммонита равным 0,85 и для аммонала - 0,58;  $K_{зр}$  - коэффициент, зависящий от вида грунта, принимаемый для глин и суглинков 0,24 - 0,3 и для супесей 0,29 - 0,4.

Как отмечалось выше, взрывные работы необходимо проводить сразу после замачивания. Разрыв между окончанием замачивания и взрывами не должен превышать 3 - 8 ч. При уплотнении грунтов оснований замачиванием и глубинными взрывами следует применять водостойкие  $BB$ , в том числе аммонит №6 ЖВ, граммонол, зерногранулит 50/50-В, 30/70-В.

Поскольку уплотнение грунтов после замачивания, в том числе и с использованием глубинных взрывов, происходит в основном под воздейст-

нием их собственного веса, то для большего эффекта целесообразно верхний слой доуплотнять тяжелыми трамбовками, укаткой или грунтовыми сваями.

**Устройство грунтовых подушек** в котлованах в ряде случаев необходимо для распределения давлений от фундамента на большую площадь слабого грунта основания или же для полной замены этого слабого грунта, особенно при небольшой его мощности. Обычно грунтовые подушки устраивают толщиной 1,5 – 5 м, но бывают случаи утолщения их до 10 – 12 м.

Для устройства подушек используют местные пылеватоглинистые, песчаные и песчано-гравелистые грунты оптимальной влажности, также гравий, щебень и шлаки. Допускается также использовать грунты с содержанием органических включений и комьев мерзлого грунта размером до 10 см при общем содержании их не более 15%.

Перед устройством подушки дно котлована и верхний слой котлована планируют и уплотняют до проектной плотности. Грунт при устройстве подушек отсыпают обязательно слоями с их уплотнением. Толщину слоев принимают в зависимости от вида применяемого уплотняющего оборудования, которое в свою очередь выбирают исходя из объемов и сроков выполнения работ и вида применяемых для устройства подушки грунтов.

При больших объемах работ целесообразно применять трамбующие машины Д-1471 или тяжелые катки на пневмоколесном ходу. При небольших размерах подушек применяют самоходные катки, тракторы и тяжелые трамбовки.

Технологическую схему и порядок производства работ по устройству подушки выбирают в зависимости от конструктивной формы здания в плане и типа грунтоуплотняющего механизма. Пример устройства грунтовой подушки в прямоугольном котловане с уплотнением ее слоев катками показан на рис. 3.4. Грунт в котловане уплотняют полосами поперек его на всю ширину. Эти полосы должны перекрывать одна другую на 0,2 – 0,5 м. Грунт в подушках можно уплотнять также транспортными средствами, доставляющими его, причем для более равномерного уплотнения необходимо соответствующим образом организовать движение транспортных средств. Во избежании промерзания грунта при устройстве подушек весь технологический процесс должен быть организован непрерывным потоком. Укладывать грунт на ранее уплотненный замороженный грунт допускается только в том случае, когда толщина слоя не превышает 0,4 м и когда влажность его грунта не превышает 0,9 влажности на границе раскатывания.

При использовании для уплотнения грунтов подушек тяжелых трамбовок работы производят следующим образом. Вначале, после отрывки котлована трамбовками уплотняют его дно, причем до отказа. Затем отсыпают такой слой грунта, который может быть уплотнен имеющейся тяжелой трамбовкой, а затем отсыпают такие же слои и уплотняют трамбовкой.

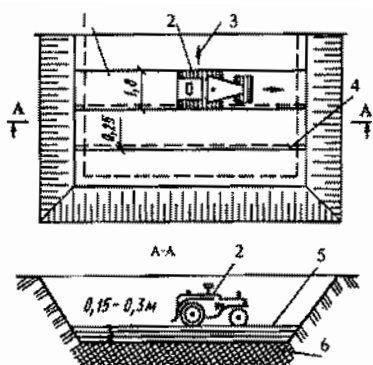


Рис. 3.4. Схема устройства грунтовой подушки при уплотнении ее слоев катками: 1 - уплотняемая полоса; 2 - каток; 3 - направление уплотнения; 4 - перекрытие катком смежной уплотненной полосы; 5 - уплотняемые слои; 6 - уплотненный грунт

Под отдельно стоящие фундаменты колонн устраивают траншеи в виде сплошных лент и соответственно в виде лент устраивают и грунтовые подушки.

Наряду с рассмотренными видами работ при устройстве оснований под фундаменты на слабых грунтах для повышения прочности оснований и снижения деформации выполняют также работы по закреплению грунтов различными способами, рассмотренными в гл.2 данного учебника.

Фундаменты зданий, устраиваемые из монолитных или сборных железобетонных элементов в открытых котлованах, обычно не вызывают особых трудностей, но представляет интерес технологический процесс возведения фундаментов в вытрамбованных котлованах.

Принцип этого метода состоит в том, что котлованы под фундаменты не разрабатывают, а вытрамбовывают на необходимую глубину трамбовкой с последующим заполнением образованного пространства или установкой в него сборного железобетонного фундамента. Этот метод работ довольно эффективен и имеет много преимуществ, так как в процессе вытрамбовывания котлована вокруг него образуется зона уплотненного грунта, в пределах которой повышается прочность грунта и снижается его сжимаемость. Это повышает несущую способность фундамента и, соответственно, прочность и устойчивость здания или сооружения.

Вытрамбование котлованов осуществляют путем многократного сбрасывания с высоты 3 – 8 м трамбовки, имеющей форму будущего фундамента. Для вытрамбовывания используют краны-экскаваторы, тракторы со специальным навесным оборудованием, включающим направляющую штангу, каретку и трамбовку (рис. 3.5). Грузоподъемность базовой машины должна быть в 2,5 – 4 раза больше массы трамбовки.

Поскольку при вытрамбовывании котлованов в различных грунтовых условиях проявляются специфические особенности, перед началом производства работ выполняют опытные работы для уточнения технологии вытрамбовывания. В частности, в процессе опытных работ определяют сред-

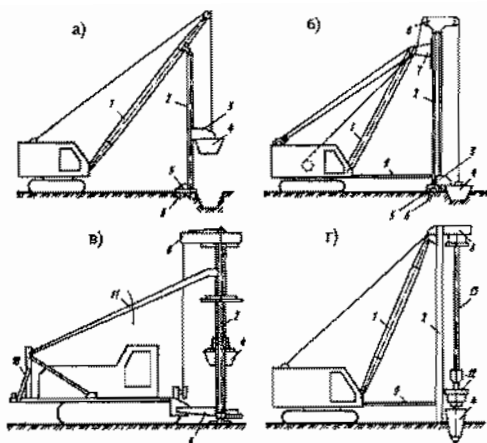


Рис. 3.5. Оборудование для вытрамбовывания котлованов: а - на экскаваторе со стрелой драглайна; б - на экскаваторе с прямой лопатой; в - на базе трактора; г - на базе свесбойного агрегата; 1 - стрела; 2 - направляющая стойка (штанга); 3 - каретка; 4 - трамбовка; 5 - упорная плита; 6 - зубья; 7 - серьга; 8 - оголовок; 9 - распорка; 10 - противовес; 11 - подвеска; 12 - молот; 13 - штанга

нее число ударов трамбовки и оптимальную высоту сбрасывания, объем засыпки жесткого материала, минимально допустимое расстояние между соседними котлованами и физико-механические характеристики уплотненного грунта.

В зависимости от способа повышения несущей способности по грунту основания фундаменты в вытрамбованных котлованах могут быть различных видов, в том числе без уширенного основания с плоской или заостренной подошвой без дополнительного втрамбовывания в дно котлована жесткого материала (рис.3.6, а); с уширенным основанием, получаемым втрамбовыванием в грунт жесткого материала (щебня, песка, гравия, песчано-гравийной смеси, шлака и т.п.) (рис.3.6, б); в виде отдельно-стоящих, ленточных и ленточных прерывистых (рис.3.6, в, г). Соответственно для устройства фундаментов разных видов используются трамбовки различной формы (см. рис.3.7).

Процесс вытрамбовывания котлованов в различных грунтах происходит по-разному и состоит из следующих операций: уплотнения грунта с формированием уплотненной зоны; продавливание уплотненной зоны; вытеснение грунта в стороны; выпор его вверх и др.

Уплотнение грунта происходит вследствие остаточных деформаций сжатия грунта в момент удара трамбовки.

Массу трамбовки для обеспечения эффективного вытрамбовывания котлована назначают с учетом того, что удельное статическое давление по основанию трамбовки должно быть не менее 0,03 МПа – для фундаментов неглубокого заложения и 0,05 МПа – для фундаментов с уширенным основанием.

Высоту сбрасывания трамбовок в зависимости от типа применяемого оборудования и вида грунта принимают равной 3 – 8 м.

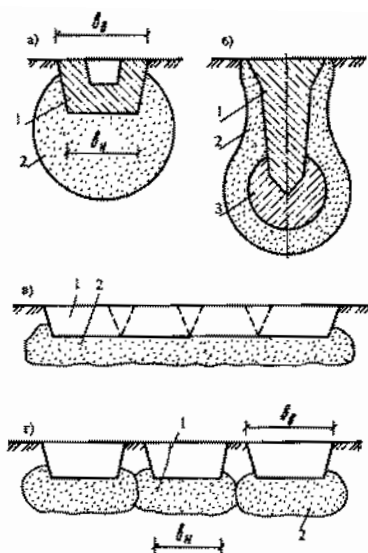


Рис. 3.6. Виды фундаментов в вытрамбованных котлованах: а - без уширения основания; б - с уширением основания; в - ленточный; г - прерывистый; 1 - фундамент; 2 - уплотнительная зона; 3 - втрамбованный жесткий материал

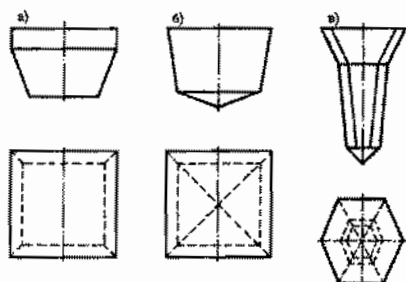


Рис. 3.7. Трамбовки для вытрамбовывания котлованов: а - с плоской подошвой; б - с заостренной подошвой; в - удлиненная для вытрамбовывания полостей при устройстве фундаментов в виде коротких свай

Необходимое число ударов трамбовки для вытрамбовывания котлована на требуемую глубину  $d_p$  приблизительно определяют по формуле

$$n_{im} = d_p / (\eta_w S_{im}),$$

где  $\eta_w$  - коэффициент, учитывающий влажность грунта и принимаемый равным: в грунтах с оптимальной влажностью  $\eta_w=1$ , при пониженной влажности  $\eta_w=0,7$ ; при повышенной влажности  $\eta_w=1,2$ ;  $S_{im}$  - среднее понижение дна котлована за один удар трамбовки, принимаемое равным для трамбовок с плоским основанием при его площади  $A < 1 \text{ м}^2 - 10 \text{ см}$ , при  $A = 1 - 2 \text{ м}^2 - 8 \text{ см}$  и при  $A > 2 \text{ м}^2 - 6 \text{ см}$ ; для удлиненных трамбовок с заостренным концом  $S_{im} = 1,5 \text{ см}$ . При использовании для втрамбовывания жесткого материала число ударов трамбовки, определенное по вышеприведенной формуле, уменьшают в 1,5 раза.

Очередность вытрамбовывания котлованов и схему движения механизма с трамбовкой назначают таким образом, чтобы обеспечивалось бетонирование фундаментов не позднее чем через 1 - 2 сут после окончания вытрамбовывания с учетом расстояния между трамбуемой и бетонированной захватками не менее 10 м в целях предохранения свежеложенного бетона от сотрясений в течение 3 сут.

При расстояниях между фундаментами менее  $0,8 b_{cp}$  ( $b_{cp}$  - средняя ширина фундамента) котлованы вытрамбовывают через одни. Пропущенные котлованы вытрамбовывают не ранее 3 сут после бетонирования ранее вытрамбованных котлованов.

При сбрасывании трамбовки возможны ее засасывания в грунте. Во избежание этого явления высоту сбрасывания вначале следует принимать не более 3 – 5 м, а затем ее надо снижать до 1,5 – 2,5 м, причем в процессе трамбования целесообразно подсыпать на дно котлована песок, щебень или маловлажный пылеватоглинистый грунт. В песчаных грунтах во избежание обрушения стенок котлована их закрепляют оболочкой из пылеватоглинистого грунта.

Втрамбование жесткого материала для создания уширенного основания производят сразу же после вытрамбования котлована на проектную глубину. Объем порции жесткого материала принимают с таким расчетом, чтобы высота засыпки составляла 0,6 – 1,2 м. Трамбовку для втрамбования жесткого материала сбрасывают с высоты 4 – 8 м, если грунт со стенок осыпается, то эту высоту снижают до 3 – 4 м.

В процессе вытрамбования котлованов и втрамбования жесткого материала строят график понижения дна котлована (рис. 3.8).

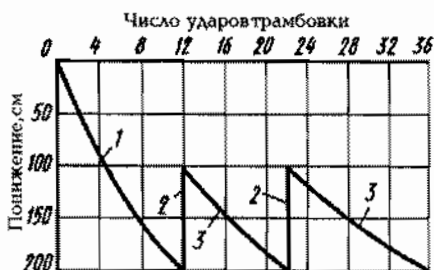


Рис. 3.8. График понижения дна котлована при его вытрамбовывании с засыжкой жесткого материала: 1 - кривая вытрамбования котлована; 2 - подсыпка жесткого материала; 3 - кривая втрамбования жесткого материала

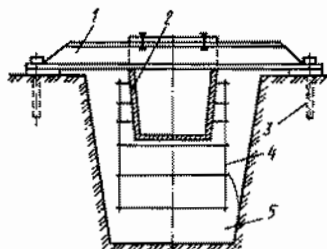


Рис. 3.9. Установка в котловане опалубки стакана фундамента и его арматурного каркаса перед бетонированием: 1 - рама; 2 - опалубка стакана; 3 - штыри; 4 - арматурный каркас; 5 - вытрамбованный котлован

Монолитные фундамента следует бетонировать сразу же после приемки котлована. Перед укладкой бетонной смеси устанавливают каркас фундамента, опалубку стаканной части и закрепляют закладные детали и анкерные болты (рис. 3.9). Бетонируют фундамента обычно враспор до заранее установленных отметок на стенах котлованов или опалубке.

При устройстве сборных железобетонных фундамента котлован вытрамбовывают на 2 – 3 см меньше размера блока по горизонтальным сечениям и на 0,1 размера по высоте, а затем в котлованах устанавливают и забивают сборный блок до проектной отметки.

### 3.2. Назначение и состав свайных работ. Классификация свай

Сваи используют как элемент при возведении фундаментов, для упрочнения и повышения устойчивости оснований и массивов грунта. Свайные фундаменты применяют при строительстве зданий и сооружений, особенно в тех случаях, когда в основании залегают слабые или неустойчивые (просадочные) грунты.

Широкое распространение свайных фундаментов по сравнению с другими их видами свидетельствует о том, что они имеют ряд преимуществ. Например, их использование в ряде случаев позволяет снизить объем трудоемких земляных работ на 70 – 90%, исключить довольно сложные работы по водопонижению, сократить материалоемкость фундаментов на 15 – 35% и трудоемкость их устройства в 1,2 – 1,8 раза.

Свайный фундамент состоит из свай, объединенных по верху ростверком. Характер расположения свай зависит от особенностей конструкции здания или сооружения, а также от нагрузок, передаваемых на фундамент. Расположение свай, исходя из этого, может быть одиночным, рядами, кустами или в виде свайных полей.

В настоящее время известно более 500 видов свай. Однако не все они используются на практике, так как некоторые из них имеют узкую область применения. Поэтому в строительном производстве сейчас широко применяют сравнительно небольшое число видов свай, которые по способу их воздействия можно разделить на следующие группы:

*готовые (сборные)*, поставляемые на строительную площадку в виде сборных элементов, изготавливаемых на заводе, и погружаемые в грунт различными способами;

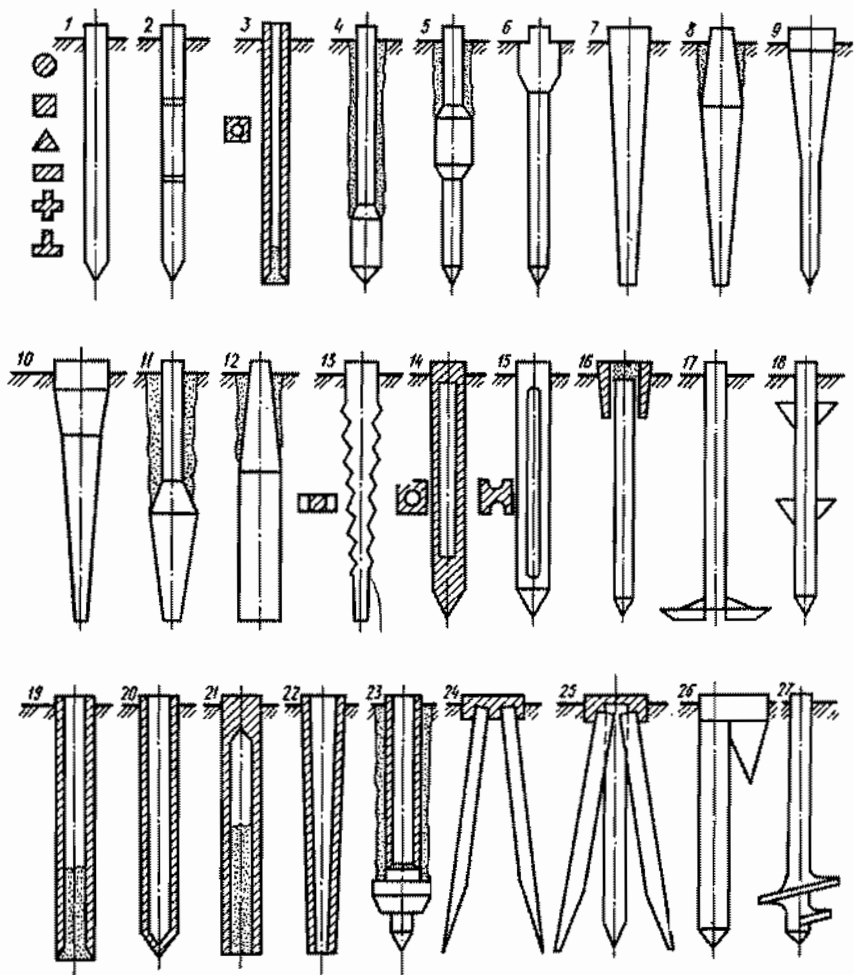
*набивные*, устраиваемые непосредственно в грунте, в предварительно выполненных различными способами выработках;

*комбинированные*, которые являются комбинацией первых двух групп, а также выполняемые из различных материалов и устраиваемые в грунте с использованием специальных способов.

Существует много конструкций готовых свай, изготавливаемых на заводе в виде сборных элементов (см. рис.3.10). В большинстве случаев усложнение конструктивной формы свай вызвано специфическими условиями их применения и необходимостью увеличения несущей способности свай по грунту основания.

К готовым сваям относятся забивные и винтовые сваи. Забивные железобетонные, деревянные и стальные сваи погружают в грунт без его выемки с помощью молотов, вибропогружателей, виброудавливающих и вдавливающих устройств. Винтовые сваи (рис.3.10, 27), снабженные винтовым наконечником, погружают в грунт завинчиванием с помощью кабестанов специальных машин на базе тракторов или автомобилей.





**Рис. 3.10. Виды готовых сборных свай:** 1 - призматическая; 2 - составная; 3 - со сквозной полостью; 4 - с уширением на конце; 5 - с уширением на стволе; 6 - с уширением на верхнем конце; 7 - пирамидальная; 8 - ромбическая; 9 - пирамидально-призматическая; 10 - бипирамидальная; 11 - с пирамидальным уширением; 12 - забивной блок; 13 - плоскопрофилированная; 14 - с замкнутой полостью; 15 - с углублениями; 16 - с оголовком; 17 - лещотчатая; 18 - с многоярусными уширениями; 19 - трубчатая с открытым концом; 20 - с закрытым концом; 21 - с закрытым верхним концом; 22 - слабоконическая; 23 - с опорным уширением; 24 - козловая; 25 - веерная; 26 - с уширением в голове; 27 - винтовая

Набивные сваи по способу образования в грунте подразделяют на: *буронабивные*, устраиваемые в грунте путем заполнения пробуренных скважин бетоном или железобетоном, и *набивные* скважины, которые образуются методом продавливания, т.е. вытеснения грунта. Виды набивных свай различны (рис.3.11) и зависят от применяемых способов их возве-

дения и грунтовых условий строительной площадки. Для их устройства выполняют в грунте скважины для образования стволов свай, а также полости для устройства различного рода уширений. Способы устройства набивных свай во многом зависят от способов устройства скважин и способов образования полостей под уширения (рис.3.12).

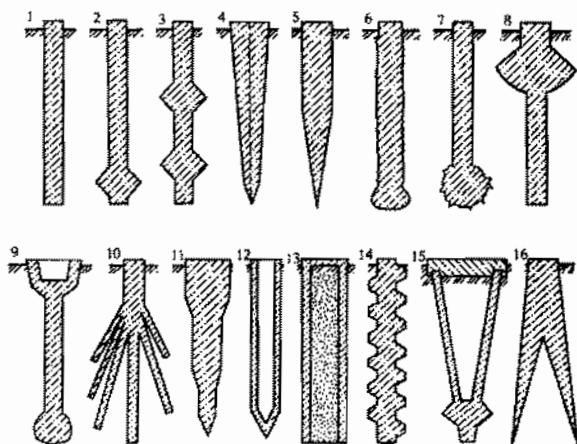


Рис. 3.11. Виды набивных свай: 1 - цилиндрическая; 2 - с уширением; 3 - с уширением по стволу; 4 - коническая; 5 - коническо-цилиндрическая; 6 - частотрабованная; 7 - с камуфлетным уширением; 8 - с уширением сверху; 9 - со стаканом; 10 - корпсидная; 11 - переменного сечения; 12 - оболочка с закрытым концом; 13 - то же, с открытым концом; 14 - с винтовой поверхностью; 15 - перекрестные сваи; 16 - козловые сваи

Тип свай выбирают исходя из конкретных условий строительной площадки и возводимого сооружения на основе технико-экономического сравнения наиболее рациональных вариантов фундаментов и с учетом производственных возможностей строительной организации. Для повышения эффективности свайных фундаментов необходимо применять сваи с высокой удельной несущей способностью.

В качестве забивных свай применяют деревянные и железобетонные сваи, но на практике чаще - железобетонные. Их изготавливают из обычного и предварительно-напряженного железобетона. Сейчас в основном применяют железобетонные призматические сваи сплошного квадратного сечения размером от 200x200 до 400x400 (через 50 мм) и длиной от 3 до 20 м (через 1 м). Сваи армируют стержнями стальной арматуры классов А-I, А-II и А-III.

Поскольку в процессе забивки наибольшее напряжение возникает в конце свай, здесь арматуру выполняют в виде хомутов и спирали, причем с более частым шагом, чем в середине свай. Голову сваи, воспринимающую нагрузки ударов от сваебойного оборудования, армируют арматурными сетками. Бетон для обычных, неармированных свай принимают классов

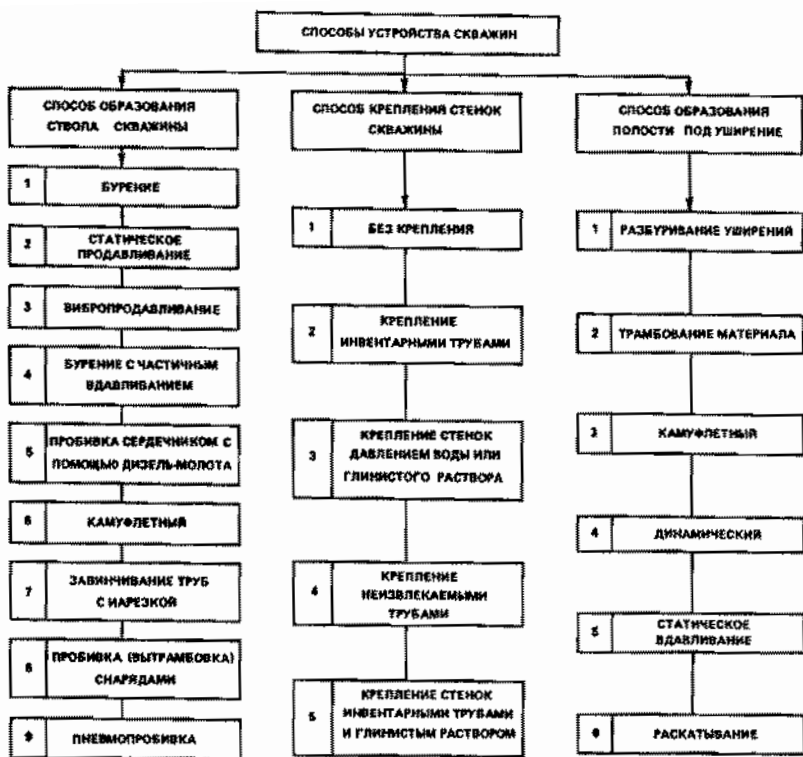


Рис. 3.12. Классификация способов устройства скважин под набивные сваи

В15 – В30, а для свай с предварительно-напряженной арматурой – классов В30 – В40. Составные сваи квадратного сечения применяют при большой толщине проходимых слабых грунтов (более 20 м). Звенья составных свай изготавливают длиной 6 – 10 м и стыкуют их при погружении с помощью болтовых фланцев или при помощи специальных стыковочных соединений или замков.

Железобетонные пустотелые сваи квадратного сечения делают размерами 250x250, 300x300 и 400x400 мм при толщине стенок не менее 70 мм. Полые трубчатые сваи кольцевого сечения делают с наружным диаметром 400, 500, 600 и 800 мм, причем сваи диаметром до 600 мм делают с закрытым концом, а свыше 600 – с открытым концом. Длина звеньев 4 – 8 м. Соединяют сваи при погружении на болтах, а при возможности сборки свай в горизонтальном положении – на сварке.

Использование забивных свай с уширениями ствола позволяет увеличить несущую способность их в 1,5 - 2,5 раза по сравнению с призматическими. Причем, удельный расход материала для свай с уширением на 30 – 50% ниже, чем для призматических, что надо учитывать при выборе свай.

Но при этом необходимо добиваться, чтобы уширенная часть свай была заглублена в несущий пласт грунта не менее чем на высоту уширения.

Сваи с несимметричным заострением концов могут быть использованы в качестве наклонных и козловых свай, которые имеют повышенную несущую способность на различное сочетание нагрузок. При выборе любых типов свай необходимо сравнивать их основные технико-экономические показатели и, в частности, расход арматурной стали. Так, в коротких сваях длиной 3 – 5 м повышенный расход стали обуславливается одинаковым их армированием независимо от длины, т.к. стволы таких свай армируются только по конструктивным соображениям, а не по условиям, возникающим при транспортировании и складировании свай. Для свай длиной 7 – 9 м наблюдается минимальный расход стали на 1 м<sup>3</sup> бетона. Для свай длиной 9 м расход стали повышается вследствие увеличения изгибающих моментов при подъеме и складировании свай.

### 3.3. Способы погружения свай

Забивные сваи погружают в грунт ударами, вибрацией, вдавливанием и комбинацией этих методов.

Ударный метод погружения свай основан на забивке их в грунт специальным свабойным оборудованием – свайными молотами. По роду привода свайные молоты подразделяются на механические (подвесные), паро-воздушные и дизельные.

Молот состоит из ударной массивной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющих конструкций (цилиндра, трубы, штанг и т.п.). Ударная часть молота наносит чередующиеся удары по свае и погружает ее в грунт. Механические и паро-воздушные молоты в силу сравнительно небольшой производительности применяют при малых объемах свайных работ. Для массовой забивки свай чаще используют энергетически автономные мобильные дизель-молоты, работающие по принципу двухтактного дизеля. В зависимости от типа направляющих они бывают штанговые и трубчатые, а от массы ударной части – легкие (до 600 кг), средние (до 1800 кг) и тяжелые (свыше 2500 кг). Штанговые дизель-молоты типа ДМ-58, ДМ-150, С-268, С-330 и другие применяют для забивки легких свай и шпунта (массой до 2 ... 3 т), а трубчатые типа С-858, С-949, С-974, УРБ-500 и другие – для забивки свай (до 13 т) на длину до 25 м.

Эффективность забивки свай зависит от правильного выбора свайного молота и, главное, правильного соотношения его массы и массы сваи при забивке в грунтах различной плотности. Так, например, масса ударной части свободно падающего молота при забивке свай длиной 12 м в плотных грунтах должна составлять не менее 1,5 массы сваи с наголовником, а при забивке в грунты средней плотности – 1,25 этой массы. Масса ударной части также зависит от типа дизель-молота. Так для штангового она должна со-

ставлять 1 ... 1,25, а трубчатого – 0,4 ... 0,7 массы сваи. Поэтому применение трубчатых молотов постоянно расширяется, а их конструкции совершенствуются. Разработаны эффективные гидравлические молоты двойного действия, имеющие ряд преимуществ. При массе ударной части до 7500 кг и производительности 50 ... 170 ударов в 1 мин они развивают повышенную энергию удара и отличаются высоким КПД. Кроме того, они просты в управлении, обслуживании, практически бесшумны.

Выбор молота для забивки свай зависит от запроектированной несущей способности сваи и ее массы. Необходимая минимальная энергия удара молота

$$\mathcal{E} = 1,75aP,$$

где  $a$  – коэффициент, равный 0,25 кДж/т;  $P$  – несущая способность сваи, т.

Приятый тип молота с расчетной энергией  $\mathcal{E}_p$  должен удовлетворять условию

$$(M_n + M) / \mathcal{E}_p \geq k,$$

где  $M_n$  – полная масса молота, кг;  $M$  – масса сваи с наголовником, кг;  $k$  – коэффициент, зависящий от материала сваи.

Энергия удара молотов:

для трубчатых дизель-молотов  $\mathcal{E}_p = 0,9 MmH$ ;

для штанговых дизель-молотов  $\mathcal{E}_p = 0,4 MmH$ ;

для паровоздушных молотов одиночного действия  $\mathcal{E}_p = 0,9 Mm\eta$ ;

для паровоздушных молотов двойного действия  $\mathcal{E}_p = (0,9 Mm + pF)h$ ;

для механических молотов  $\mathcal{E}_p = 0,95 MmH$ , где  $Mm$  – масса ударной части молота, кг;  $H$  – фактическая высота падения ударной части, м;  $\eta$  – КПД молота;  $p$  – давление сжатого воздуха или пара в цилиндре молота, МПа;  $F$  – площадь поршня, см<sup>2</sup>;  $h$  – ход поршня, см.

Технологический процесс забивки свай включает следующие операции: разметку мест забивки, передвижку и установку копра или сваебойного агрегата у места забивки, подачу свай к копру, подъем и установку ее на место погружения, забивку сваи.

Подачу свай в котлован и их раскладку осуществляют кранами соответствующей грузоподъемности и вылета крюка. В отдельных случаях эту работу можно выполнять непосредственно копром, специально подготовленным для этой цели, имеющим поворотную платформу и гусеничную базу для передвижения. Для забивки свай молоты ударного действия монтируют на копрах, имеющих рабочую платформу с рельсовой частью и вертикальные направляющие устройства стрелового или башенного типа (для перемещения молота и сваи). Часто применяют также самоходные сваебойные агрегаты (копры) на тракторах, автомобилях и экскаваторах (рис.3.13, а, б, в), обладающие энергетической автономностью, высокой механизацией операций, мобильностью и маневренностью.

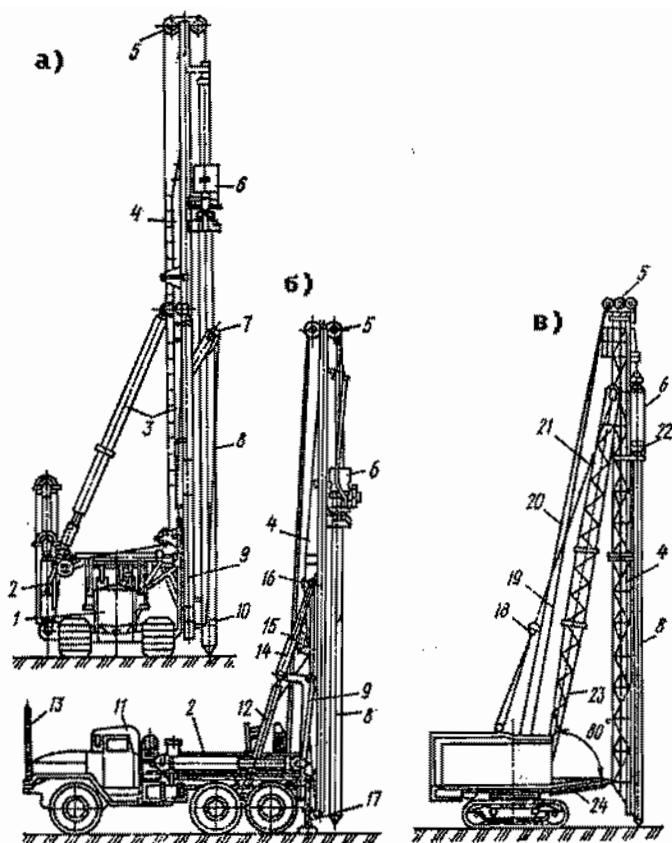


Рис. 3.13. Забивка свай самоходными сваебойными агрегатами: 1 - трактор; 2 - гидроманипулятор для подъема молота и свай; 3 - гидравлические раскосы; 4 - мачта; 5 - головка с блоками; 6 - молот; 7 - стрела заводки свай под молот; 8 - свая; 9 - рама; 10 - нижний отводной блок; 11 - автомобиль; 12 - гидроцилиндры подъема молота и свай; 13 - опоры мачты (для транспортного положения); 14, 15, 16 - гидроцилиндры наклона мачты, выдвижения стрелы и перемещения мачты; 17 - выносные опоры; 18 - полиспаст; 19 - канат молота; 20 - свайный канат; 21 - стреловой канат; 22 - наголовник; 23 - стрела экскаватора; 24 - телескопическая распорка

Чтобы обеспечить правильную установку и направление погружения свай, ее закрепляют в стреле копровой установки и, кроме того, первые удары по свае производят при небольшой высоте подъема молота (не более 0,4 ... 0,5 м). Затем высоту подъема и силу удара молота увеличивают, доводя до максимальной. Для контроля глубины погружения сваи ее размечают, причем вначале через 1, затем 0,5, а в верхней части — через 0,1 м с указанием возле рисок длины сваи от нижнего конца.

От каждого удара свая погружается на определенную величину, которая, однако, по мере ее заглубления уменьшается и наступает такой момент, когда после ударов она погружается практически на одну и ту же величину, которую называют отказом.

Отказ свидетельствует о достижении сваей необходимой несущей способности. Его определяют как среднюю величину после замера погружения после десяти ударов. Серию из десяти ударов, производимых для определения средней величины отказа, называют залогом. При забивке свай быстроходным молотом двойного действия или дизель-молотом, когда считать удары практически невозможно, за отказ принимают величину погружения сваи за 1 мин. Сваи забивают до достижения расчетного отказа  $l_p$ , см, определяемого по формуле

$$l_p = \frac{nM_M H_n F}{P_{np}(P_{np} + mF)} \cdot \frac{M_M + 0,2q}{M_M + q}$$

где  $n$  – коэффициент, зависящий от способа забивки и материала свай;  $M_M$  – масса ударной части молота;  $H_n$  – высота ее падения, см;  $F$  – площадь поперечного сечения сваи, м<sup>2</sup>;  $P_{np}$  – предельная несущая способность сваи;  $q$  – масса сваи с наголовником, т.

Если средний отказ в трех последовательных залогах не превышает расчетного, забивку свай считают законченной.

Тем не менее, иногда бывают случаи, когда после достижения отказа или расчетного отказа, свая дальше не погружается, не достигнув запроектированной отметки, т.е. более прочного грунта, и таким образом вместо свай-стойки, передающей нагрузку от фундамента на этот грунт, она превращается в «висящую», не отличающуюся требуемой несущей способностью. На практике в ряде случаев оставшиеся на поверхности отрезки свай срезают специальным навесным оборудованием и выбрасывают, нанося этим двойной ущерб. Во-первых нерационально используются сваи, а во-вторых, не забив сваи до проектной отметки, не обеспечивают достижение конечного результата, т.е. устройство надежного основания и фундамента. Поэтому в любом случае надо стремиться к погружению свай до проектной отметки, а если наступает отказ и свая дальше не погружается, то надо применять более мощное сваебойное оборудование с тем, чтобы обеспечить забивку свай до проектной отметки.

**Вибрационный и виброударный методы погружения свай.** При вибрационном методе сваю погружают вибрационными машинами (вибропогружателями и вибромолотами), оказывающими на сваю динамическое воздействие (рис. 3.14, а, б, в). Для погружения сваи вибропогружатель подвешивают к мачте сваепогружающего агрегата и соединяют наголовником со сваей. Если отказ при ударном методе определяют погружением сваи за 1 мин действия молота, то при вибропогружении – за 1 мин работы вибропогружателя при заданном напряжении тока в сети.

**Метод вдавливания свай** предусматривает их погружение в грунт с помощью специальных установок, воздействующих на сваю своей массой, либо массой и вибрацией (статическое и динамическое вдавливание). При

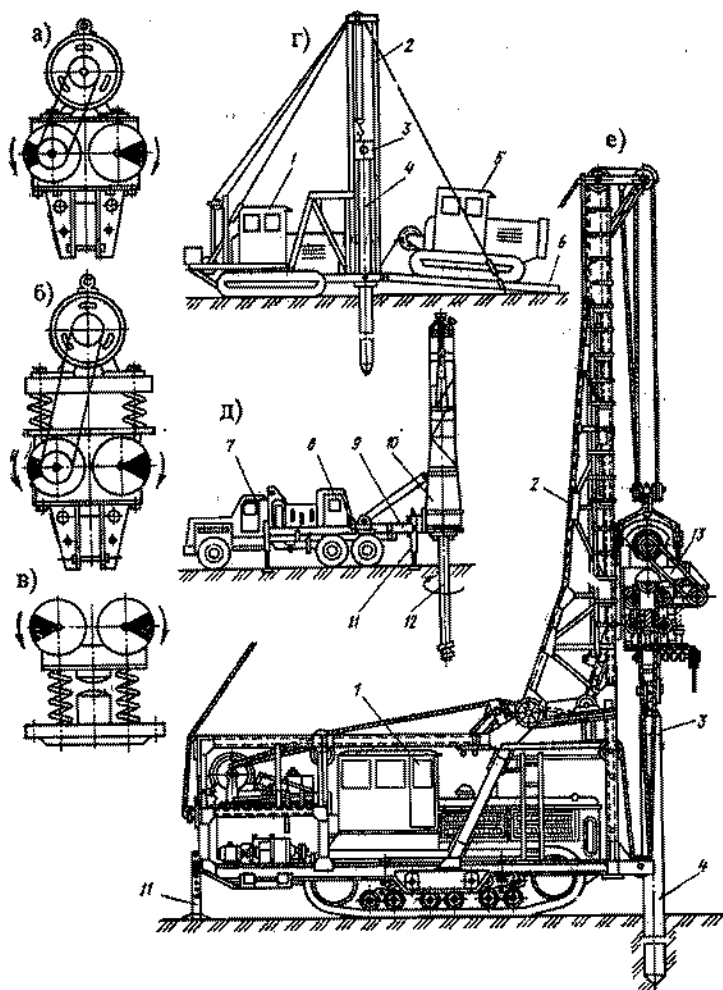


Рис. 3.14. Схемы вибропогружения, вдавливания и завинчивания свай: а - вибропогружатель с жестким креплением двигателя; б - с подрессоренной пригрузкой; в - вибромодот; г - погружение свай методом вдавливания; д - завинчивание свай; е - вибровдавливание свай; 1 - рабочий трактор; 2 - направляющая стрела; 3 - наголовники; 4 - свая; 5 - пригрузочный трактор; 6 - опорная плита; 7 - автомобильный тягач; 8 - пульт управления; 9 - рама; 10 - рабочий орган; 11 - упоры; 12 - винтовая свая; 13 - вибропогружатель

погружении свай статическим вдавливанием применяют агрегаты из двух тракторов, оборудованных направляющей рамой, опорной плитой, наголовником для передачи давления на сваю, соединенным с вдавливающим полиспастом (рис. 3.14, г). Метод динамического или вибрационного вдавливания свай с помощью вибровдавливающих агрегатов является более эффективным, так как свая погружается за счет собственной массы вибропогру-



жателя и части массы трактора, передаваемой вдавливающим канатом через вибропогружатель (см рис. 3.14, е). Метод вдавливания особенно эффективен при погружении коротких свай (длиной до 6 м).

**Погружение свай методом завинчивания** применяют главным образом при устройстве небольших отдельно стоящих фундаментов. Винтовые сваи чаще всего завинчивают с помощью специальных агрегатов (рис. 3.14, д).

**Погружение свай с помощью гидродымыва** осуществляют посредством разрыхления грунта под острием сваи и его частичного вымывания струями воды, вытекающими под давлением из нескольких трубок, укрепленных на свае. Перед окончанием погружения сваи подмывом производят добивку их на глубину 1,5 ... 2 м до проектной отметки, чтобы нижняя часть сваи опиралась на неразрыхленный грунт.

**Погружение свай с помощью электроосмоса**, применяемое в основном при их установке в глинистых грунтах, основано на том принципе, что при кратковременном действии постоянного тока вокруг забиваемой сваи, подключенной в сеть в качестве катода, влажность грунта возрастает и в результате уменьшаются лобовое и боковое сопротивления грунта погружению сваи.

**Комбинированный метод погружения свай** применяют в тех случаях, когда осуществить их погружение на всю длину каким-то одним методом невозможно. При этом в зависимости от условий строительной площадки применяют различные методы погружения свай, например подмыв с забивкой или подмыв с вибропогружением и др.

### 3.4. Устройство буронабивных свай

Набивные сваи изготавливают непосредственно в грунте путем бурения скважин и заполнения бетонной смесью или другими материалами. В зависимости от материала и способов изготовления различают следующие виды набивных свай: по материалу – бетонные, железобетонные, песко- и грунтбетонные, песчаные, грунтовые и комбинированные; по технологии изготовления – набивные бетонные (сваи Страуса), пневмонабивные, частотрамбованные, вибронабивные, буронабивные, набивные с уширением (пятой), набивные песчаные или грунтовые. Последние называют скважинными уплотнения, или грунтонабивными сваями.

При устройстве набивных трамбованных свай Страуса полость в грунте образуют методом ударно-вращательного бурения и креплением скважины обсадной трубой, заглубляемой в опорный пласт на 0,2 ... 0,5 м (рис. 3.15, а). Затем скважину заполняют жесткой бетонной смесью (осадка конуса 3 ... 4 см) на высоту 0,8 ... 1 м, после чего ее уплотняют тяжелой трамбовкой с одновременным подъемом обсадной трубы, следя, чтобы ее конец был заглублен в смесь не менее чем на 0,3 ... 0,4 м. Далее укладыва-

ют и уплотняют очередной слой, повторяя операцию до полного заполнения скважины.

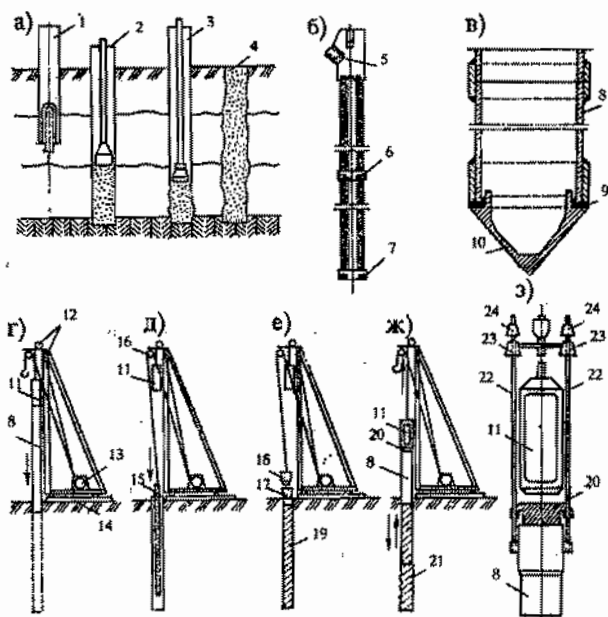


Рис. 3.15. Технология изготовления набивных свай: 1 - бурение скважины и погружение обсадной трубы; 2 - заполнение скважины бетоном; 3 - трамбование смеси и извлечение обсадной трубы; 4 - готовая трамбованная свая; 5 - воронка обсадной трубы; 6 - соединительная муфта; 7 - трамбуемый ободок; 8 - обсадная труба; 9 - уплотнение; 10 - теряемый металлический башмак; 11 - молот двойного действия; 12 - основной трос с блоками; 13 - двухбарабанная лебедка; 14 - ходовой нуть копра; 15 - арматурный каркас; 16 - трос с блоком для подъема материалов; 17 - воронка; 18 - бадей для бетонной смеси; 19 - обсадная труба, заполненная смесью; 20 - подбавок наголовника обсадной трубы; 21 - готовая часть сваи; 22 - серьги; 23 - амортизационные пружины; 24 - уноры

**Литые сваи** устраивают в тех случаях, когда грунтовые воды рас­слаивают трамбуемую бетонную смесь. В этих условиях скважины заполняют литым бетоном (осадка конуса 12 ... 16 см). Бетонная смесь, вытесняя воду, заполняет освобожденную при подъеме обсадной трубы скважину.

**Пневмонабивные сваи** применяют при большом притоке грунто­вых вод. Их устраивают с помощью специальной обсадной трубы, оборудо­ванной шлюзовым аппаратом, верхним и нижним клапанами. Подавая в освобож­денную от грунта обсадную трубу сжатый воздух давлением до 0,4 МПа, из нее удаляют воду, а затем через шлюзовой аппарат скважину за­полняют бетонной смесью. Далее операции повторяют при одновременном извлечении обсадной трубы и снижении давления.

**Частотрамбованные сваи** устраивают с помощью копра с блоком на укосине (для подъема арматурных каркасов и бадей с бетоном), а также

молота двойного действия и инвентарной обсадной трубы (рис. 3.15, б), которую перед забивкой оснащают чугунным наконечником (башмаком), оставаемым в скважине (рис. 3.15, в). Ударами молота трубу погружают до заданной отметки (рис. 3.15, г), после чего молот поднимают и закрепляют в крайнем верхнем положении, а в трубу опускают арматурный каркас (если сваи армируются; рис. 3.15, д). Далее трубу заполняют бетонной смесью (рис. 3.15, е, ж), причем вначале только до половины высоты, а затем трамбуют смесь молотом двойного действия, который крепят к обсадной трубе через подбавок (рис. 3.15, з). Молот обеспечивает одновременное уплотнение бетона и извлечение трубы.

**Бутонабивные сваи** устраивают путем заполнения бетоном (осадка конуса 18 см) методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) скважин, пробуренных без обсадной трубы. Бутонабивные сваи изготавливают диаметром 600 ... 1200 мм, глубиной до 30 м и применяют их при больших сосредоточенных нагрузках. Для увеличения несущей способности сваи и нижней части пробуренной скважины устраивают уширение с помощью специального уширителя или взрыва. Общим для устройства набивных свай всех типов является основное технологическое требование о необходимости их бетонирования без перерыва.

При устройстве бутонабивных свай применяют установки вращательного, ударно-канатного и грейферного бурения, а также шнековые бурильные установки, как, например, наиболее распространенная установка СО-2 (рис. 3.16). На мачте копрового типа установки размещен электропривод вместе со шнековой буровой колонной. В процессе бурения скважины привод и колонна передвигаются вдоль направляющих мачты. Аналогичную конструкцию имеет бурильно-крановая установка БУК-600, предназначенная для устройства бутонабивных свай диаметром 400 – 600 мм и глубиной до 25 м в связных грунтах. Она представляет собой навесное оборудование на базе крана-экскаватора.

Для устройства бутонабивных свай находят применение также оборудование зарубежных фирм «Казахгранде» (Италия), «Беното» (Франция), «Като» (Япония). Это оборудование обеспечивает проходку скважин и бетонирование свай с использованием обсадных труб, извлекаемых из скважины в процессе бетонирования.

На практике применяют различные технологии устройства бутонабивных свай, в том числе так называемый «сухой» способ, при котором бетонную смесь подают в нижнюю часть сваи по бетонолитной трубе (методом ВПТ) и ее конец в процессе подачи смеси обязательно все время должен быть погружен в нее. Иначе не получится однородной прочной бетонной сваи. Применяют также технологию устройства бутонабивных свай способом свободного сброса бетонной смеси как без уплотнения, так и с уплотнением. Иногда сваи устраивают под глинистым и растворными с применением обсадных труб. Полые бутонабивные сваи устраивают по специальной технологии с использованием внутри них вибросердечников.

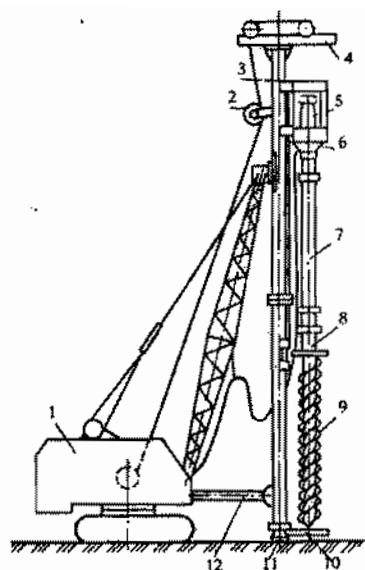


Рис. 3.16. Установка СО-2 для устройства буронабивных свай: 1 - базовая машина; 2 - отклоняющий ролик; 3 - стойка; 4 - оголовок; 5 - электропривод; 6 - каретка; 7 - буровая колонна со шнеком; 8 - очиститель; 9 - шнек; 10 - кондуктор с перехватом; 11 - домкрат; 12 - рама

### 3.5. Бурение скважин и шпуров

Процесс бурения в водопроводном строительстве выполняют в целях устройства скважин для водоснабжения и водопонижения, бестраншейной прокладки трубопроводов (горизонтальное бурение), взрывания грунтов, геологических и гидрогеологических изысканий, устройства буронабивных свай, искусственного закрепления грунтов и др. Для этого в породах бурильными машинами или инструментом бурят цилиндрические отверстия (выработки) разных диаметров и глубин. Выработки диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м называют *шпуром*, диаметром более 75 мм и глубже 5 м – *скважиной*. Шпуры и скважины могут быть вертикальными, наклонными и горизонтальными. Начало шпура или скважины называют *устьем*, низ – *забоем*, боковые поверхности – *стенками*. Наибольшее применение скважины в системах водоснабжения получили при устройстве подземных водозаборов в виде трубчатых буровых колодцев. В зависимости от степени изученности гидрогеологических условий скважины на воду бурят трех видов – разведочные, разведочно-эксплуатационные и эксплуатационные.

Разведочные скважины бурят в малоизученных районах для определения водоносности и фильтрационной способности пород, качества воды и основных параметров водоносных горизонтов. После выполнения скважинами своего назначения их ликвидируют. Разведочно – эксплуатационные скважины бурят также в районах слабой гидрогеологической изученности или в районах с невыдержанными геологическими

и гидрохимическими условиями. Эксплуатационные скважины, предназначенные для подачи воды потребителям, бурят в районах разведанных и эксплуатируемых водозаборов, а также в районах с высокой степенью их гидрогеологической изученности или вблизи действующих скважин.

**Процесс бурения скважины** состоит из двух операций – разрушения или отделения породы на дне скважины и удаления разрушенной породы из нее. Трудоемкость бурения породы (ее буримость) характеризуется временем чистого бурения 1 м скважины и зависит от крепости породы, т.е. сопротивляемости любым видам разрушения.

Бурение неглубоких скважин (до 50 ... 100 м) различного назначения производят в основном механическими способами – колонковым, медленно-вращательным, шнековым, вибрационным, роторным, ударно-канатным и др. Механическое вращательное и ударное бурение скважин бывает медленно-вращательным на бурильных и обсадных трубах и ударным с отрывом породоразрушающего инструмента от забоя (колющий способ) и без отрыва инструмента (забивной способ). Для бурения этими способами скважин с одновременным креплением их трубами применяют легкие передвижные и самоходные установки УБР-1, УБР-2, БУР-2М и др. При вращательном бурении лезвием буровой ложки срезают слой рыхлой породы и затем извлекают вместе с буром на поверхность. Ударное бурение ведут в твердых породах и в основном по способу забивки, т.е. без отрыва породоразрушающего инструмента от забоя, которым в процессе внедрения его в грунт выбуривают керн. При медленно вращательном бурении в качестве породоразрушающего инструмента используют буровые ложки и змеевники, а при ударном – долота, ударные штанги, желонки и т.п.

При шнековом бурении породу разрушают долотом, а транспортируют наверх шнеками. Преимуществами шнекового бурения являются высокая механическая скорость (до 40 ... 80 м/ч), незначительные затраты времени на монтажно-демонтажные работы, сравнительно большой диаметр скважины (60 ... 400 мм) и отсутствие потребности в промывочной жидкости.

Вибрационное бурение скважин диаметром 60... 146 мм на глубину 25 м применяют двух видов: чисто вибрационное и ударно-вибрационное. В первом случае на буровой инструмент передаются вибрационные нагрузки от вибратора, а во втором – ударные импульсы высокой частоты от вибромолота.

Бурение глубоких скважин (до 1000 м и более) ведут колонковым вращательным, глубоким вращательным (роторным, турбинным, электробуром) и ударно-канатным способами. При колонковом вращательном бурении порода разрушается по наружной кольцевой части поперечного сечения с сохранением внутри столбика породы – керна. Для бурения применяют коронки, армированные алмазными и твердыми сплавами, а так-

же буровую дробь с дробовыми коронками. Применяют также кернорватели, предназначенные для отрыва керна и удержания его в колонковой трубе при подъеме бурового снаряда. Колоноквое бурение применяют в основном при разведке полезных ископаемых и геолого-технических изысканиях.

Глубокие скважины бурят чаще всего вращательными способами – роторным, турбинным и с помощью электробуров с промывкой и продувкой. При роторном бурении вращение бурового снаряда осуществляют ротором, устанавливаемым над устьем скважины, а при турбинном породоразрушающий инструмент вращают турбины, опускаемые на забой скважины вместе с долотом на колонне бурильных труб. При бурении электробуром инструмент вращают забойным электродвигателем малого диаметра и значительной длины. При глубоком вращательном бурении, особенно скважин

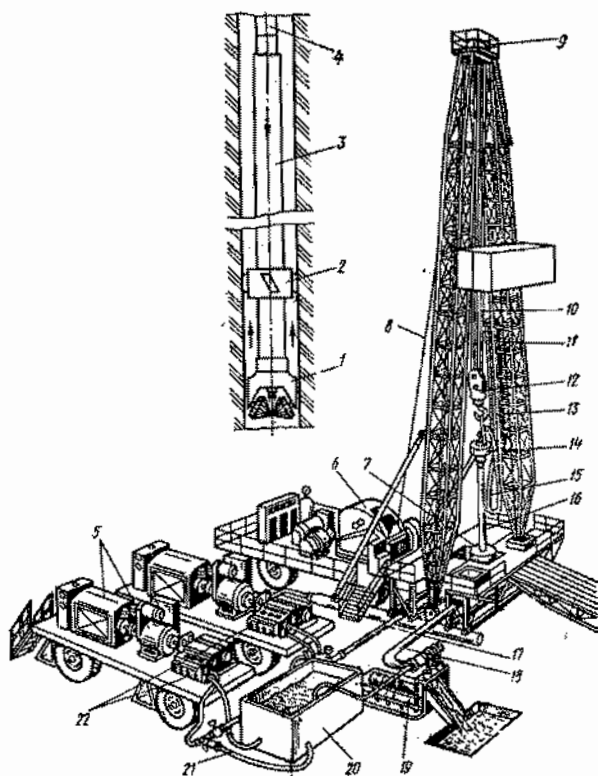


Рис. 3.17. Установка роторного бурения скважин: 1 - породоразрушающий инструмент; 2 - расширитель; 3 - утяжеленные бурильные трубы; 4 - бурильные трубы; 5 - дизель-электрический привод; 6 - лебедка; 7 - ротор; 8 - ведущий канат; 9 - кран-блок; 10 - канаты; 11 - стояк; 12 - талевый блок; 13 - крюк; 14 - вертлюг; 15 - нагнетательный шланг; 16 - ведущая бурильная труба; 17 - трубопровод; 18 - система желобов; 19 - шламоччищающие устройства; 20 - емкость; 21 - всасывающие шланги; 22 - насосы

на воду, используют лопастные, шарошечные, алмазные и другие долота без отбора керна. При необходимости отбора керна применяют колонковые долота или турбодолота.

Глубинное бурение скважин вращательным роторным или турбинным способом осуществляют с помощью специальных установок (рис. 3.17). Диаметры скважин колеблются от 76 до 590 мм. Их бурят колонной бурильных труб с породоразрушающим инструментом, (буровым снарядом), соединенным с ведущей бурильной трубой квадратного или шестигранного сечения, которую вставляют в отверстие ротора. Благодаря вращению ротора вращение передается ведущей трубе и бурильному снаряду. Привод ротора и других механизмов осуществляется от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя. Для промывки скважины имеются насосы. Промывочная жидкость охлаждает долото, вымывает разрушенную породу, вынося ее из скважины.

Основным породоразрушающим инструментом при глубоком вращательном бурении служат долота, которые по характеру воздействия на породу подразделяются на: режуще-скалывающего типа, лопастные, разрушающие породу лопастями; шарошечные (дробяще-скалывающего действия), разрушающие породу зубьями или штырями на шарошках; алмазные

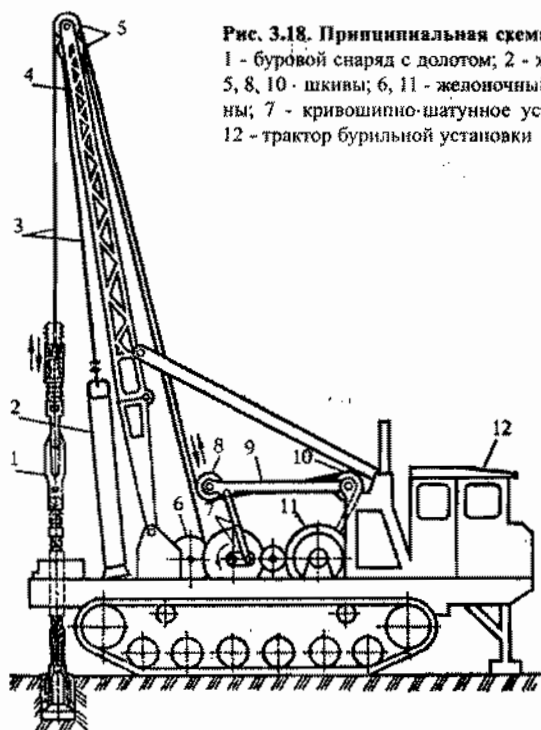


Рис. 3.18. Принципиальная схема ударно-канатного бурения:  
 1 - буровой снаряд с долотом; 2 - желонка; 3 - канаты; 4 - мачта;  
 5, 8, 10 - шкивы; 6, 11 - желоночный и инструментальный барабаны;  
 7 - кривошипно-шатунное устройство; 9 - оттяжная рама;  
 12 - трактор бурильной установки

долота и типа ИСМ истирающе-режущего действия, разрушающие породу алмазными зернами или твердосплавными штырями в торцевой части долота. Лопастные долота применяют для бурения мягких пород и средней твердости пород, а шарошечные – пород с различными показателями твердости, абразивности и пластичности. Алмазные долота используют при бурении скважин в известняках, доломитах и других малоабразивных породах.

При ударно-канатном бурении породу разрушают по всему забоя опусканием в скважину на стальном канате бурового снаряда массой 1 ... 3 т (рис.3.18) с клиновидным долотом. Для придания скважине цилиндрической формы буровой снаряд с долотом при подъеме после каждого удара поворачивают на некоторый угол. После разрушения породы на глубину 0,3 ... 0,6 м буровой снаряд поднимают из скважины, а затем в него опускают желонку для очистки забоя от породы. При необходимости скважину крепят обсадными трубами. Ударно-канатным способом можно бурить скважины диаметром 150 ... 850 мм в породах любой твердости на глубину до 500 м.

### **3.6. Особенности устройства водозаборных скважин**

Технологический процесс устройства скважины для водоснабжения включает их бурение, крепление обсадными трубами, опускание фильтра, устройство сальника, разглинзацию и освоение водоносных горизонтов.

**Бурение скважин** в зависимости от количества и мощности водоносных горизонтов, глубины залегания, литологического состава пород и качества воды ведут роторным способом с промывкой или продувкой, ударно-канатным, колонковым и шнековым способами. Роторный способ используют обычно в хорошо изученных в гидрогеологическом отношении районах. Он обеспечивает бурение скважин в породах различной твердости на необходимую глубину. Для роторного бурения скважин используют установки типа УРБ, УВБ и БУ. Технология роторного бурения скважины во многом определяется осевым давлением (нагрузкой) на породоразрушающий инструмент, частотой вращения в единицу времени, количеством и качеством промывочной жидкости. В свою очередь эти показатели зависят от геологических условий и физико-механических свойств пород, типа и диаметра породоразрушающего инструмента, глубины и диаметра скважины. Наиболее интенсивное разрушение пород происходит при максимальной осевой нагрузке для данного типа долота в твердых породах и уменьшенной – для рыхлых и трещиноватых пород. Однако нельзя завышать осевую нагрузку, так как при этом могут произойти искривления ствола скважины. Но при роторном бурении водоносные горизонты часто глушатся (закупориваются) глинистым раствором промывочной жидкости. Даже промывка чистой водой при бурении мелко-трещиноватых пород иногда приводит к полной закупорке трещин и безводности скважин. Чтобы этого не произошло, применяют дорогостоящие самораспадающиеся промывочные жидкости.



Более эффективным при бурении скважин на воду является ударно-канатный способ, при котором практически не нарушается естественное состояние водоносного горизонта и отпадает необходимость в выполнении сложных работ по вызову водопритока к скважине. При этом способе скважины бурят установками типа УТБ и УКС. Однако способ имеет значительно меньшие скорости бурения и требует большого количества обсадных труб.

Колонковый способ при бурении скважин на воду применяют редко, в основном из-за малых диаметров скважин (до 150 мм). Им бурят разведочные, бесфильтровые и самоизливающиеся скважины. Бурение осуществляют станками типа ЗИФ или установками УКБ. Шнековое бурение используют в благоприятных условиях при глубинах скважин до 50 м. В сложных гидрогеологических условиях применяют комбинированный способ бурения (ударно-канатный, роторный и др.).

При бурении скважин на воду применяют прямую или обратную их промывку. При прямой (рис. 3.19, а) жидкость, подаваемая насосом, омывает забой, торец породоразрушающего инструмента и, поднимаясь по стволу, выносит частицы разрушенной породы, а при обратной (рис. 3.19, б) жидкость, омывая забой и породоразрушающий инструмент, поднимается по бурильным трубам.

Обратная циркуляция промывочной жидкости может осуществляться путем отсасывания ее из колонны труб насосом, а в скважину она поступает самотеком.

В мягких и рыхлых породах часто бурение скважин на воду диаметром до 1200 ... 1500 мм на глубину до 300 м осуществляют вращательным способом с применением обратно-всасывающей промывки (см. рис. 3.19, г). Для этого применяют двух- и трехлопастные долота режущего типа (см. рис. 3.19, в), армированные твердыми сплавами. Такое бурение имеет ряд преимуществ: скважины бурят без крепления обсадными трубами; скорость бурения по сравнению с ударным способом возрастает в 10 ... 15 раз; исключается глинизация водоносного горизонта и благодаря этому увеличивается производительность (дебит) скважины в 4 ... 8 раз; обеспечивается надежное устройство гравийных обсыпок фильтров и повышенный приток воды в скважину. После бурения скважины и крепления ее (при необходимости) внутрь опускают фильтры.

**Опускание и установка фильтров.** Для водозаборных скважин (трубчатых колодцев) применяют фильтры трубчатые и каркасно-стержневые, с покрытиями из проволоки, сетки и штампованного листа, гравийные, блочные и гравитационные. Тип фильтра выбирают, исходя из назначения и срока работы скважины, состава водосодержащих пород (определяющих размеры проходных отверстий фильтров), химического состава воды и ее коррозионных свойств (влияющих на выбор материала рабочей части фильтра), глубины скважины (определяющей прочность фильтра и возможности его опускания).

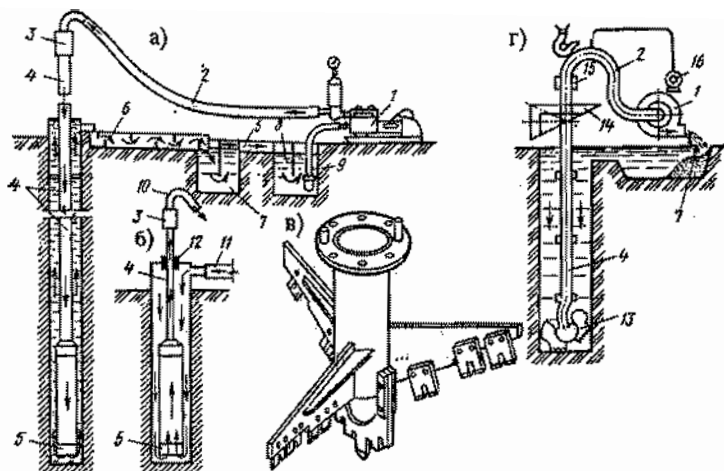


Рис. 3.19. Бурение скважин на воду: 1 - насос; 2, 10, 11 - шланги; 3 - сальник; 4 - бурильные трубы; 5 - породоразрушающий инструмент; 6 - очистные желоба; 7 - отстойники; 8 - приемная емкость; 9 - всасывающий шланг; 12 - герметизатор устья; 13 - долото; 14 - ротор бурильной установки; 15 - вертлюг; 16 - вакуумная установка

Перед спуском фильтра в скважину ее промывают и замеряют глубину. Фильтры необходимой длины собирают на площадке (в горизонтальном положении) из отдельных секций. Качество их сборки обеспечивается соосиальным резбь соединительных патрубков. Секции фильтров перед сборкой очищают от окалины и покрывают слоем антикоррозионной изоляции. Фильтры длиной 5 ... 10 м соединяют одним патрубком, а длиной 15 ... 20 м — двумя. На длинных (более 10 м) фильтрах через каждые 4 ... 6 м для их центрования при опускании в скважину монтируют направляющие фонари. Опускают фильтры в скважину на эксплуатационной колонне или на бурильных трубах с помощью спускового ключа или на муфте с левой резьбой.

В первом случае на верхнем конце надфильтровой трубы устраивают замок в виде двух Г-образных вырезов, в которые заводится Т-образный ключ.

Засыпку гравийных фильтров осуществляют через устье скважины или вспомогательную трубу. По мере засыпки на высоту 1 ... 2 м обсадные и вспомогательные трубы поднимают, постепенно обнажая фильтр. Засыпку делают на 5 ... 10 м выше рабочей части фильтра, так как в процессе эксплуатации уровень засыпки понизится за счет выноса песка и гравия.

Освоение водоносных пластов сводится к разглинизации их фильтров в скважинах, пробуренных с промывкой глинистым раствором. Разглинизацию выполняют способами промывки скважины через рабочую поверхность фильтра, желонированием, затрубной (зафильтровой) промывкой, прокачкой эрлифтом или гидрозлеватором и с помощью гидроимпульсов (возбуждением ударных волн в пределах водоносного пласта).

## 4.1. Состав бетонных и железобетонных работ

Большинство сооружений систем водоснабжения и водоотведения возводят из бетонных и железобетонных конструкций. В зависимости от способа производства работ различают конструкции монолитные, сборные и сборно-монолитные с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой.

В состав бетонных и железобетонных работ входят заготовительные, транспортные и монтажно-укладочные. Заготовительные работы включают в себя изготовление опалубки, арматуры, бетонной смеси, а транспортные – доставку их к месту работ. К монтажно-укладочным относятся установка (монтаж) опалубки и арматуры или их блоков, подача и распределение смеси, ее укладка и уплотнение, выдерживание бетона и уход за ним, распалубливание и отделка конструкций. Блок-схема комплексного процесса производства бетонных работ представлена на рис. 4.1.

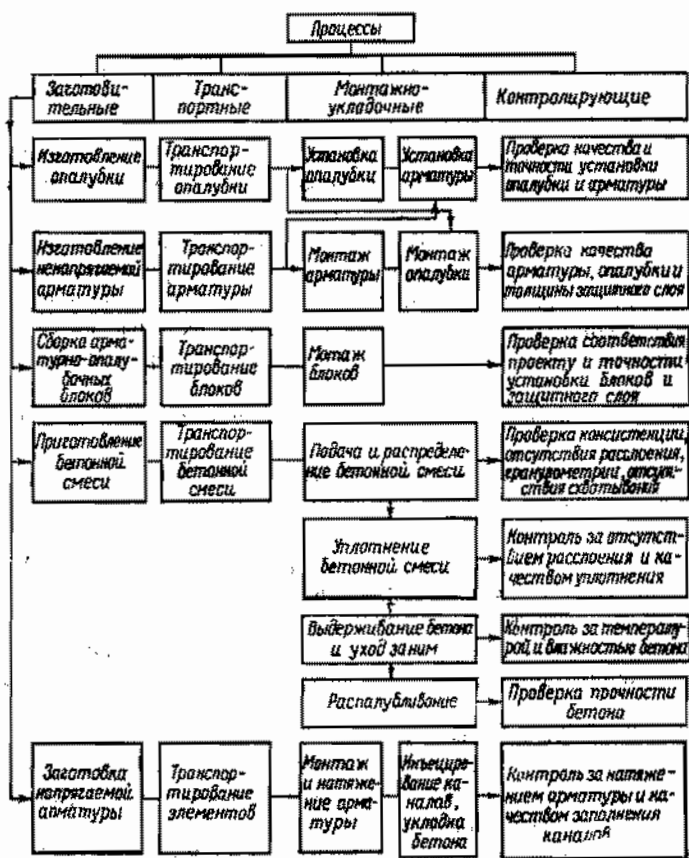


Рис. 4.1. Схема комплексного процесса производства бетонных работ

## 4.2. Опалубочные и арматурные работы

Опалубка предназначена для придания возводимым конструкциям проектной формы, заданных размеров и положения в пространстве. В опалубку укладывают бетонную смесь и выдерживают ее в ней до достижения распалубочной прочности. По материалам формирующей поверхности различают опалубку деревянную, металлическую, железобетонную, армированную, из синтетических материалов (пластмассовая опалубка) и прорезиненных тканей. По условиям применения опалубку подразделяют на инвентарную, т.е. многократно используемую, и стационарную, используемую только для одного сооружения.

По конструкции и назначению инвентарная опалубка может быть разборно-переставной, переставной, скользящей, катучей и несъемной. Опалубку всех типов изготавливают из различных материалов и их комбинаций. Опалубка может выполняться греющей и утепленной (термоопалубка).

**Разборно-переставная опалубка** бывает мелко- и крупнощитовая, а также объемная (блочная). Мелкощитовая опалубка состоит из отдельных щитов небольшого размера (до 1 м<sup>2</sup>) и массы (до 50 кг), а также несущих и поддерживающих элементов, крепежных и соединительных узлов. Небольшая масса элементов опалубки позволяет вести ее сборку и разборку для бетонирования разнотипных конструкций, в том числе криволинейных очертаний. К недостаткам следует отнести большое количество стыковых соединений, затрудняющих сборку и разборку опалубки, а также трудность получения высокого качества бетонной поверхности.

**Крупнощитовая опалубка** состоит из крупноразмерных щитов (массой более 50 кг), элементов их соединений и крепления. Щиты этой опалубки воспринимают все технологические нагрузки без применения дополнительных несущих и поддерживающих конструкций. Они включают в себя палубу, элементы жесткости и несущие детали, оборудованы подмостями для бетонирования, подкосами и анкерами для установки. Опалубку применяют для возведения крупноразмерных массивных конструкций или повторяющихся стен. Унифицированная крупнощитовая разборно-переставная опалубка состоит из набора основных, угловых, торцовых и доборных щитов для бетонирования стен различной длины при высоте щитов на этаж (2,8 ... 3 м).

**Объемно-переставная опалубка** состоит из секций, образующих в рабочем положении опалубку П-образной формы для бетонирования стен и перекрытий. Объемно-переставная опалубка используется для бетонирования коллекторов и тоннелей. Блочная опалубка может состоять как из отдельных щитов, так и из специально изготовленных блоков. Она включает в себя опалубку для бетонирования ступенчатых фундаментов, ростверков (блок-формы). Применяют также крупноразмерные арматурно-опалубочные блоки. Разновидностью переставной опалубки является пневмати-

ческая (надувная) опалубка из прорезиненных и других специальных тканей. Она применяется для бетонирования купольных и сводчатых покрытий. При нагнетании воздуха оболочка опалубки приобретает заданную форму, а по достижении бетоном распалубочной прочности воздух из нее выпускают и конструкцию освобождают от опалубки.

**Катучую опалубку** применяют для бетонирования стен (рис.4.2, а) и тоннелей коллекторов (рис.4.2, б). Рама опалубки установлена на катках для перемещения вдоль бетонируемых конструкций. Внутренняя опалубка для прямоугольных коллекторов и тоннелей может раздвигаться на разные размеры по высоте и ширине. Ее устанавливают и распалубливают с помощью винтового домкрата. Разновидностью катучей опалубки является горизонтально-скользящая конструкция, используемая для бетонирования прямо- и криволинейных стен сооружений (см далее рис.15.23).

**Вертикально-скользящая опалубка** (см. рис.4.2, г) состоит из щитов, закрепленных на домкратных рамах, рабочего пола, домкратов и приводных станций. Вся система опирается на домкратные стержни, заделанные в бетон через 1,5 ... 2 м по периметру стен, и поднимается по мере их возведения домкратами. Применяют такую опалубку для возведения стен высотных сооружений типа водонапорных башен, градирен высотой 40 ... 50 м и более. Преимуществами такой опалубки являются: значительная оборачиваемость (до 50 раз и более), высокое качество и прочность бетонируемых конструкций вследствие непрерывной укладки смеси. Одним из ее недостатков является необходимость использования домкратных стержней. Более эффективной является новая конструкция бесстержневой подъемно-скользящей опалубки (см. рис.4.2, в), подъемный механизм которой опирается на затвердевший бетон нижерасположенной возведенной стены. Подъем опалубки обеспечивают двухсекционным подъемным механизмом шагающего действия.

**Несъемную опалубку** устраивают из ребристых (рис.4.2, д) или гладких железобетонных плит (рис.4.2, е); применяют также армо- и стеклоцементные плиты, пластмассовые и асбестоцементные листы, реже металл. Она выполняет одновременно две функции: опалубки при бетонировании и защитной облицовки. Плиты имеют размеры 1х4 м и толщину 50 ... 60 мм. Для лучшего сцепления с бетоном их делают с шероховатой поверхностью или снабжают анкерующими петлями-выпусками. Ребристые опалубочные плиты изготавливают шириной 0,6 м или 1,2 м и длиной до 6 м. Применяют несъемную опалубку-облицовку при бетонировании массивных фундаментов, стен толщиной более 0,5 м, опускных колодцев и т.п.

**Греющая опалубка** (рис.4.2, ж) включает в себя греющие элементы, из которых наиболее удобны в применении электрические нагреватели. Для увеличения долговечности, т.е. оборачиваемости инвентарной опалубки и повышения качества поверхности бетонируемых конструкций, применяют меры по уменьшению сил сцепления опалубки с бетоном. С этой це-

лю используют различные гидрофобизирующие, т.е. водоотталкивающие смазки, эмульсии, а также различные покрытия, особенно из полимеров (пластмассовая опалубка). Они почти полностью устраняют сцепление, не загрязняют бетон и выдерживают до 30 циклов оборачиваемости.

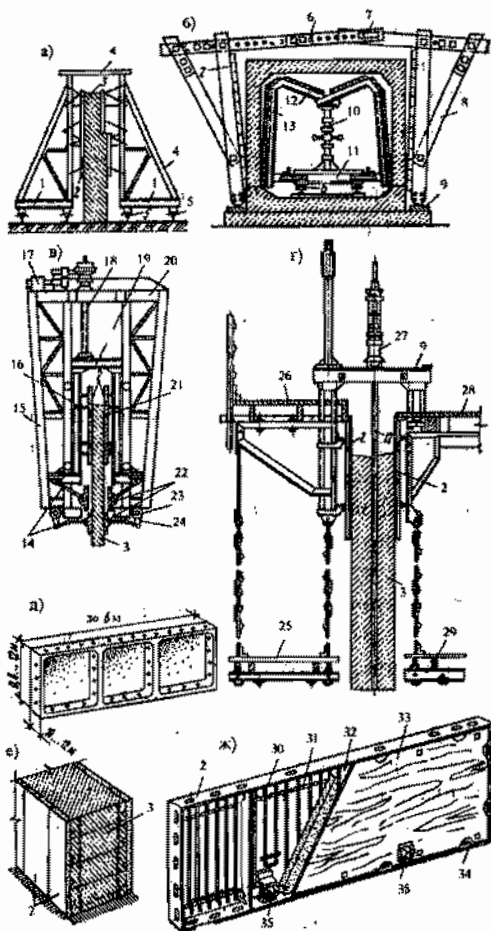


Рис. 4.2. Виды катучей горизонтально- и вертикально-скользящей опалубки (а, б, в, г), несъемной (д, е) и греющей опалубки (ж): 1 - тележки; 2 - щиты опалубки; 3 - бестоцируемая конструкция; 4 - каркас; 5 - катки; 6 - поперечина; 7 - отверстия для болтов; 8 - рама наружной опалубки; 9 - опорная доска; 10 - стойка с домкратом; 11 - рама; 12, 13 - верхние и боковые щиты; 14 - рычаги; 15 - опорная наружная рама; 16 - подъемная внутренняя рама; 17 - привод винтового подъема; 18 - винт; 19, 20 - ригели подъемной и опорной рамы; 21 - кружала; 22 - опорные пластины; 23 - коробка; 24 - напорные рукава; 25 - подвесные леса; 26 - козырек; 27 - гидравлический домкрат; 28 - настил рабочей площадки; 29 - внутренние подвесные подмости; 30 - греющий кабель; 31 - крепление кабеля; 32 - утеплитель; 33 - защитный кожух; 34 - вырез для крепления щитов; 35 - вилочный разъем щитов

Сборку опалубки или ее монтаж ведут, как правило, из готовых элементов (щитов, панелей) и узлов крепления, изготовленных в опалубочных мастерских или цехах. Для облегчения монтажа используют маркировочные чертежи элементов, их спецификацию, чертежи поддерживающих и крепежных устройств, технологические карты на опалубочные работы.

Качество опалубки должно удовлетворять требованиям ГОСТа и СНиПа. Конструкции опалубки, поддерживающих лесов, а также стоек и крепежных деталей должны обеспечивать прочность, жесткость и устойчи-

вость при укладке бетона, легкость установки и разборки. Поверхность опалубки, обращенная к бетону, должна быть ровной, плотной и не иметь щелей. Конструкция опалубки должна обеспечивать также максимальный темп оборачиваемости и минимальную стоимость на один оборот, высокое качество поверхности бетона и минимальное сцепление с бетоном, возможность применения минимального числа ее типоразмеров, удобство ремонта и замены вышедших из строя элементов.

Для армирования железобетонных конструкций применяют стержневую, проволочную арматуру и арматурные изделия. Конструкции армируют как отдельными стержнями, так и укрупненными арматурными изделиями — сетками и пространственными каркасами. По назначению арматура подразделяется на рабочую (расчетную), распределительную (конструктивную), монтажную и хомуты.

Применение арматурно-опалубочных блоков позволяет значительно ускорить арматурно-опалубочные работы. Их изготавливают из готовых пространственных самонесущих арматурных каркасов и оснащают опалубкой и подмостями.

**Монтаж арматуры.** До установки каркасов и арматурно-опалубочных блоков в проектное положение выправляют и выверяют арматурные выпуски ранее забетонированной конструкции и наводят разбивочные оси. Арматурные каркасы монтируют самоходными кранами с применением специальных траверс (рис. 4.3, а). Каркасы фундаментов и подколонников большой массы при высоте их более 2 м устанавливают краном с использованием самобалансирующихся стропов (рис. 4.3, б). Монтаж арматурно-опалубочных блоков также осуществляют краном (рис. 4.3, в) и установку его начинают с разметки осевых линий, после чего кверху каждой стороны блока крепят инвентарные расчалки и стропят к крюку самобалансирующейся траверсой. Подняв блок, его разворачивают и наводят так, чтобы осевые риски на нем и на основании или фундаменте совпали. Блок опускают, проверяют положение осей и вертикальность установки, после чего закрепляют расчалки. Плоские сетки и каркасы монтируют краном и, если их масса не превышает 100 кг, подают к месту установки пакетами (по нескольку штук). Установку отдельных стержней при армировании производят в опалубке конструкции, установленной в проектное положение.

**Сварка арматуры** при ее монтаже. Для соединения арматурных стержней, сеток и каркасов применяют различные виды сварки. Электродуговую сварку, основанную на принципе образования электрической дуги между свариваемыми стержнями и электродом, применяют при изготовлении арматурных каркасов из стержней диаметром 8 ... 80 мм (внаклест и с накладками). Однако этот способ неэкономичен, так как вызывает значительный расход металла на накладки. Ванная и ванношовная сварка являются разновидностью электродуговой. При их использовании стержни с необходимым зазором укладывают в стальную или медную

желобчатую форму, а в зазор вставляют гребенку электродов. При прохождении тока между формой и электродами возникает дуга и образуется ванна расплавленного металла, который плавит торцы стержней и сваривает их.

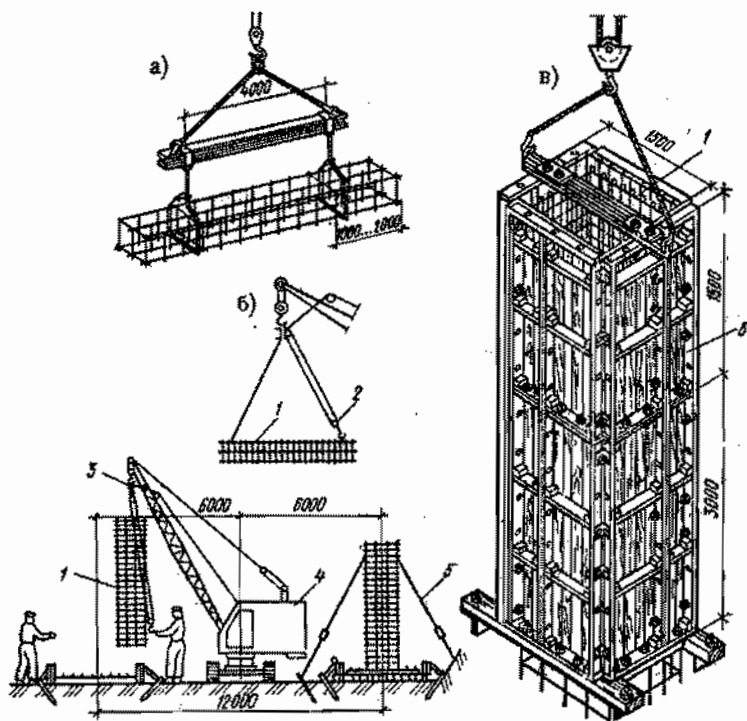


Рис. 4.3. Монтаж арматурных каркасов и арматурно-опалубочных блоков: 1 - каркас; 2 - блок вспомогательного крюка; 3 - полуавтоматический строп; 4 - кран; 5 - расчалка; 6 - щитовая опалубка

Применяют эти виды сварки для соединения стержней больших диаметров непосредственно на месте установки арматуры. Контактная сварка, или сварка сопротивлением, заключается в том, что при прохождении электрического тока металл в месте контакта стержней плавится и сваривает их. Разновидностью ее является контактно-точечная и контактно-стыковая сварка. Первая используется при изготовлении сеток и плоских каркасов (для сварки пересечений стержней), а вторая – для наращивания арматурных стержней из горячекатаной стали. Это самый экономичный способ сварки арматуры, так как не требует дополнительного расхода металла на электроды, накладки и подкладки. Полуавтоматическая сварка под слоем флюса является также весьма экономичной и распространенной на практике, особенно при соединении стержней больших



диаметров. Для такой сварки применяют медные или графитовые разъемные формы, а также медные съемные накладки. После их установки в зазор между стержнями засыпают небольшое количество флюса и производят сварку стержней электродной проволокой. Соединения вертикальных и горизонтальных стержней арматуры диаметром 20 ... 40 мм выполняют полуавтоматической сваркой открытой дугой.

**Особенности устройства предварительно напряженной арматуры.** При устройстве предварительно напряженных железобетонных конструкций применяют два способа натяжения арматуры: на упоры, т.е. до бетонирования конструкции, и на бетон (после его затвердения). Заготовка стержней напрягаемой арматуры заключается в правке, чистке и отрезке стержней заданного размера, в образовании на их концах анкеров или в установке инвентарных зажимов. Сборку арматурных элементов в пакеты с их выравниванием, высадку анкеров или установку зажимов выполняют на постах заготовки арматуры. После установки напрягаемой арматуры краном в формы или стенды и закрепления приступают к ее натяжению механическим, электротермическим или электротермомеханическим способами.

Предварительное напряжение арматуры резервуаров, радиальных отстойников и других цилиндрических сооружений чаще всего выполняют двумя способами: 1) навивкой на стену высокопрочной арматурной проволоки периодического профиля диаметром 3 ... 5 мм с помощью навивочной машины; 2) установкой колец из стержневой арматуры (класса А-IV) с последующим натяжением ее электротермическим способом. Навивку напряженной арматуры на стены сооружений осуществляют специальными машинами типа АНМ (рис.4.4, а), причем сверху вниз непрерывной спиралью. Натяжение ее обеспечивается вследствие разности скоростей движения тележки машины и соответственно навивочного устройства (рис.4.4, б)  $v_1$  и сматывания арматуры  $v_2$ , когда  $v_2 < v_1$ . Скорость навивки для машин АНМ различных марок 60 ... 120 м/мин. Степень натяжения проволоки регулируют специальными коническими барабанами и контролируют динамометром. При многослойной навивке каждый последующий ряд арматуры навивают после приобретения защитным торкретным покрытием предыдущего слоя прочности не менее 5 МПа. Сила натяжения арматуры не должна отличаться от указанной в проекте больше чем на 10%. На рис. 4.4,в показан процесс навивки напряженной арматуры машиной АНМ-7, с помощью которой можно навивать высокопрочную арматуру и проволоку диаметром до 5 мм на стены сооружений диаметром от 16 до 70 м и высотой до 12 м. Электротермический способ натяжения арматуры основан на том принципе, что стержни при прохождении по ним электрического тока нагреваются и удлиняются, если их в таком виде закрепить на упорах, то после остывания они получают определенную величину предварительного напряжения. При этом выбирают такой режим натяжения (температуру и продолжительность нагрева стержней), который не изменяет свойств стали после ее остывания.

Температура нагрева стержней не должна превышать 400°C. При остывании стержни передают сжимающие напряжения на стены сооружения.

Требования к качеству арматурных работ. Арматурные работы относят к числу скрытых, поэтому к качеству их предъявляют повышенные требования. Перед бетонированием проверяют соответствие рабочим чертежам расположения, диаметров и количества стержней, расстояние между ними, устройства стыков, положения подкладок для образования защитного слоя и др. Их приемка оформляется актом. Качество сварных швов и узлов, выполненных при монтаже, контролируют наружным осмотром, а также выборочными испытаниями образцов.

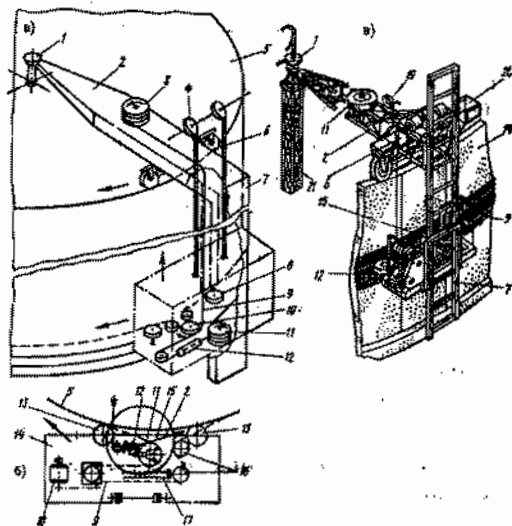


Рис. 4.4. Навивка предварительно напряженной кольцевой арматуры на стены цилиндрических сооружений: 1 - ось вращения; 2 - стрела; 3 - бухтодержатель; 4 - лебедка; 5 - стена сооружения; 6 - верхняя тележка; 7 - вертикальная рама; 8 - нижняя тележка; 9 - цепь; 10 - приводная звездочка; 11 - конический барабан; 12 - механизм торможения; 13 - ратки тележки; 14 - подвесная (нижняя) тележка с навивочным устройством; 15 - напрягаемая арматура; 16 - направляющие ролики; 17 - натяжное устройство; 18 - электродвигатель; 19 - станок для сращивания проаолоки; 20 - место машиниста; 21 - стойка

### 4.3. Виды бетонных смесей и способы их приготовления

Комплексный технологический процесс бетонирования конструкций, как это видно из блок-схемы на рис. 4.1, включает приготовление бетонной смеси и транспортирования ее на строящийся объект, подачу, распределение, укладку и уплотнение ее в конструкции, уход за бетоном в процессе твердения.

Бетоновую смесь приготавливают, как известно из курса «Строительные материалы», из цемента, воды, мелкого и крупного заполнителя (песка, щебня или гравия), подобранных в необходимой пропорции. Иногда в нее вводят некоторые добавки, например, противоморозные, пластифицирующие, ускорители твердения и т.п.

К бетонной смеси предъявляют два основных требования: 1) при транспортировании, перегрузке и укладке в опалубку она должна сохранять однородность; 2) обладать удобоукладываемостью. Однородность смеси

обеспечивается связностью (нерасслаиваемостью) и водоудерживающей способностью, которые достигаются правильным подбором состава смеси, точностью дозировки составляющих и тщательным их перемешиванием. Удобноукладываемость смеси зависит от ее зернового состава и количества воды, которые назначаются в зависимости от характера и размеров бетонизируемых конструкций, степени армирования, способов транспортирования и уплотнения смеси. Чтобы отвечать этим требованиям, смесь должна иметь определенную консистенцию, которая в зависимости от условий укладки ее может изменяться от жидкой до густой и жесткой. Уровень этой консистенции определяют с помощью стандартного конуса и вискозиметра. Если осадка конуса до 2 см, смесь считается жесткой, если 4 – 6 см, смесь малоподвижная, если 8 – 12, смесь подвижная, если 14 – 18, смесь высокоподвижная и, наконец, если осадка конуса превышает 18 см, смесь литая.

Бетонную смесь готовят в соответствии с заданными по проекту маркой или (как теперь принято) классом бетона по прочности и с предъявляемыми к нему требованиями по водонепроницаемости, морозостойкости, сохранению механических свойств в агрессивных средах. Кроме этого смесь должна обладать определенными технологическими свойствами, обеспечивающими транспортирование и удобство работы с ней.

*Удобноукладываемость* (жесткость) смеси определяется на техническом вискозиметре и составляет: более 200 с – для особо жестких; 30 – 200 с – для жестких; 15 – 30 с – для малоподвижных смесей.

*По прочности на сжатие*, согласно СНиП, установлены следующие классы тяжелых бетонов В3,5; В5; В7,5; В10; В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60.

До недавнего времени прочность бетона определяли по маркам. Соотношение между классами и марками приведено в табл. 4.1

Таблица 4.1

**Соотношение между классами бетона по прочности на сжатие и марками**

Класс бетона по прочности (В)	Средняя прочность бетона данного класса МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Ближайшая марка бетона по прочности (М)
1	2	3
В3,5	4,6(45,84)	М50
В5	6,5(65,48)	М75
В7,5	9,8(98,23)	М100
В10	13,1(130,97)	М150
В12,5	16,4(163,71)	М150
В15	19,6(196,45)	М200
В20	26,2(261,93)	М250
В25	32,7(327,42)	М350
В30	39,3(392,90)	М400
В35	45,8(458,39)	М450
В40	52,4(523,87)	М550
В45	58,9(589,35)	М600
В50	65,5(654,84)	М700
В55	72,0(720,32)	М700
В60	78,6(785,81)	М800

По водонепроницаемости установлены марки W2; W4; W8; W10; W12.

По морозостойкости для тяжелого бетона установлены марки F50; F75; F100; F150. Для напрягающего и мелкозернистого бетона – F200; F300; F400; F500. Для легкого бетона F25; F35; F50; F100; F150; F200; F300; F400; F500.

В строительном производстве используют различные виды бетонов. Для возведения сооружений систем водоснабжения и водоотведения применяют в основном гидротехнический бетон, отличающийся повышенными показателями по прочности, водонепроницаемости, водо- и морозостойкости.

Процесс приготовления бетонной смеси включает в себя операции по приему и складированию составляющих материалов (цемента и заполнителей), дозирования и перемешивания с водой, а также выдачи готовой бетонной смеси на транспортные средства.

Обычно бетонную смесь готовят на централизованных бетонных заводах, или на проебъектных инвентарных (передвижных) бетоносмесительных установках. Основными техническими средствами, смонтированными на бетоносмесительных заводах и установках, являются расходные бункеры с распределительными устройствами, дозаторы, бетоносмесители, системы внутренних транспортных средств и коммуникаций, раздаточный бункер. Указанное технологическое оборудование может быть скомпоновано по одноступенчатой (вертикальной или башенной) и двухступенчатой (партерной) схеме. При вертикальной или башенной схеме размещения оборудования (рис. 4.5, а) составляющие материалы бетонной смеси (вяжущие, заполнители, вода) поднимаются в верхнюю точку технологического процесса один раз и далее перемещаются вниз под действием собственной силы тяжести, а при партерной, т.е. двухступенчатой (рис. 4.5, б) подъем происходит дважды. Наиболее компактны и экономичны башенные установки, но из-за значительной высоты (до 35 м) усложняется их монтаж. На рис. 4.6 показана типовая бетоносмесительная установка башенного типа (бетонный завод) с двумя бетоносмесителями гравитационного действия (объем замеса 750 л).

Постоянно действующие стационарные бетонные заводы выпускают товарный бетон для потребителей близлежащих районов, находящихся в радиусе до 100 км. Проебъектные заводы или бетонные узлы, эксплуатируемые два - три года, устраивают сборно-разборными или из отдельных блоков. Инвентарные сборно-разборные установки целесообразны при расположении строящихся объектов за пределами радиуса действия бетонных заводов и незначительной потребности в бетоне (50 – 70 м<sup>3</sup>/сут.). Такие установки состоят из бетоносмесителей, весовых дозаторов и складов заполнителей.

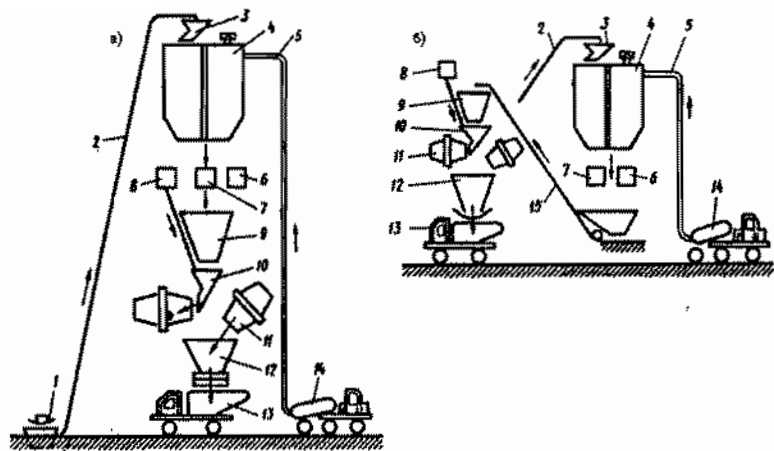


Рис. 4.5. Схемы компоновки бетоносмесительных заводов и установок: а - одноступенчатая (вертикальная или башенная); б - двухступенчатая (платформенная); 1 - конвейер склада заполнителей; 2 - конвейер подачи заполнителей в расходные бункера; 3, 9, 10 - поворотная направляющая и распределительная; 4 - расходные бункера; 5 - трубопровод пневмоподачи цемента; 6 - дозатор цемента; 7 - дозатор заполнителей; 8 - дозатор воды; 11 - бетоносмесители; 12 - раздаточный бункер (копильник); 13 - автобетоновоз; 14 - автоцементовоз; 15 - скиповый подъемник

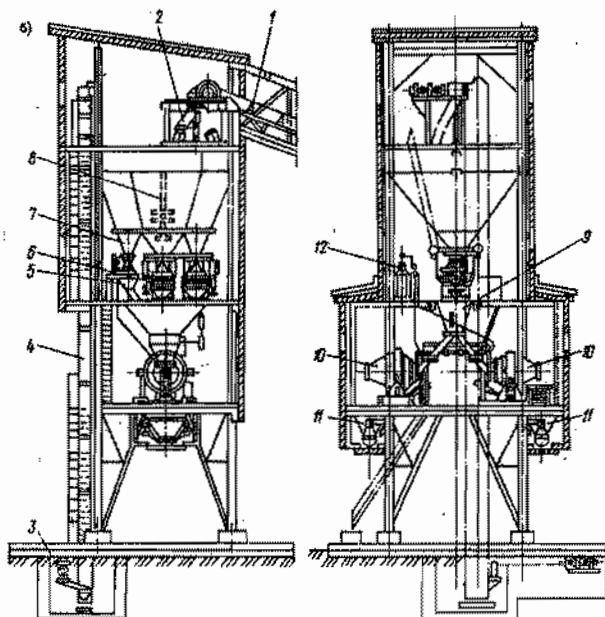


Рис. 4.6. Схема бетоносмесительной установки башенного типа (бетонного завода): 1, 3 - конвейеры; 2 - поворотная воронка; 4 - злеватор; 5, 6, 12 - дозаторы; 7, 8 - расходные бункера цемента и заполнителей; 9 - присынная воронка; 10 - бетоносмесители; 11 - раздаточный бункер

#### 4.4. Способы транспортирования, укладки и уплотнения бетонной смеси. Выдерживание и уход за бетоном

Транспортирование бетонной смеси включает в себя доставку ее от места приготовления на строительный объект, подачу смеси непосредственно к месту укладки и распределения по блоку бетонирования. При перевозке смесь должна быть защищена от атмосферных осадков, замораживания, высушивания, а также от вытекания цементного молока.

Допустимая продолжительность перевозки зависит от температуры смеси при выходе из смесителя: она не должна превышать 1 ч при температуре 20 – 30°C; 1,5 ч – 19 – 10°C; 2 ч – при 9 – 5°C. Длительная перевозка по плохим дорогам приводит к ее расслаиванию. Поэтому в транспортных средствах без побуждения смеси в пути не рекомендуется перевозить на расстоянии больше 10 км по хорошим дорогам и больше 3 км – по плохим.

Для перевозки смеси на объект широко применяют автомобильный транспорт – автосамосвалы общего назначения, автобетоновозы и автобетоносмесители (миксеры). Поскольку при перевозке смеси автосамосвалами, широко применявшимися до недавнего времени, возникают большие трудности по защите смеси от замерзания, высушивания, утечки цементного молока через щели в кузовах, а также по необходимости их последующей ручной очистки, в последнее время все чаще для перевозки бетонной смеси используют специализированные автобетоновозы, оборудованные герметичными опрокидывающимися кузовами мультислойной формы. Но наиболее эффективным средством транспортирования являются автобетоносмесители, которые загружают на заводе сухими компонентами и в пути следования или на стройплощадке приготавливают бетонную смесь с осадкой конуса от 1 см и выше при температуре окружающего воздуха не ниже 0°C. Выпускают автобетоносмесители вместимостью по готовому замесу от 3 до 10 м<sup>3</sup>. Дальность перевозки сухих компонентов смеси в автобетоносмесителях технологически не ограничена. Перемешивание их с водой обычно начинают за 30 – 40 мин до прибытия на объект. В автобетоносмесителях выгодно перевозить также готовые бетонные смеси вследствие имеющейся возможности их побуждения в пути за счет вращения барабана.

Поскольку автобетоносмесители оборудованы вращающимися барабанами, то их возможно использовать не только для перевозки смеси с ее перемешиванием, но и для приготовления ее на стройке из отдозированных компонентов. Доставленную на объект смесь подают в бетонизируемые конструкции кранами в неповоротных или поворотных бадьях или ленточными конвейерами (транспортерами), бетононасосами и пневмоаггегателлями (по трубам), звеньевыми хоботами и виброхоботами, ленточными бетоноукладчиками. Поворотные бадьи вместимостью 0,5 ... 8 м<sup>3</sup> загружают непосредственно из самосвалов или бетоновозов, причем при вместимости бадьей 0,5 м<sup>3</sup> – по четыре сразу (рис. 4.7, а), а бадьи на 1,5 ... 8 м<sup>3</sup> загружают из бетоновозов, вместимость кузова которого равна или кратна вместимости бадьи, сразу (рис. 4.7, б). Ленточные передвижные конвейеры применяют в тех случаях, когда подать смесь к месту укладки

средствами доставки или в бадьях трудно или невозможно. Конвейерами длиной до 15 м подают смесь на высоту до 5,5 м. Чтобы уменьшить высоту свободного падения смеси при выгрузке, применяют направляющие щитки или воройки. Но конвейеры в процессе бетоноирования необходимо часто переставлять. Поэтому более эффективны в этом отношении самоходные ленточные бетоноукладчики, смонтированные на базе трактора (рис. 4.7, в) и оборудованные скиповым подъемником и ленточным конвейером длиной до 20 м. Бетононасосы (рис. 4.7, г) применяют для подачи смеси в любые виды конструкций, расположенных в стесненных условиях и в местах, не доступных для других средств транспорта. Их широко применяют при бетоноировании обделок коллекторов, возведении стен водонапорных башен, градирен и др. Промышленность выпускает бетононасосы с механическим приводом с подачей  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$  и с гидравлическим приводом на  $20 \dots 30 \text{ м}^3/\text{ч}$  при подаче ими смеси по стальному разъемному трубопроводу (бетоноводу) на расстояние по горизонтали до 300 м и по вертикали до 50 м. Пневмоагнетатели также используют для бесперегрузочной подачи смеси и ее укладки. Максимальная дальность транспортирования смеси составляет 200 м по горизонтали или до 35 м по вертикали при подаче до  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Для распределения и подачи смеси непосредственно на месте укладки в качестве средства вертикального транспорта (при высоте  $2 \dots 10 \text{ м}$ ) применяют хоботы, представляющие собой трубопровод из конусных металлических звеньев и верхней воронки. Применяют также и виброхоботы, представляющие собой звеньевый хобот с вибратором. На загрузочной воронке вместимостью  $1,6 \text{ м}^3$  и секциях виброхобота диаметром 350 мм через 4 ... 8 м устанавливают вибраторы-побудители, а также гасители.

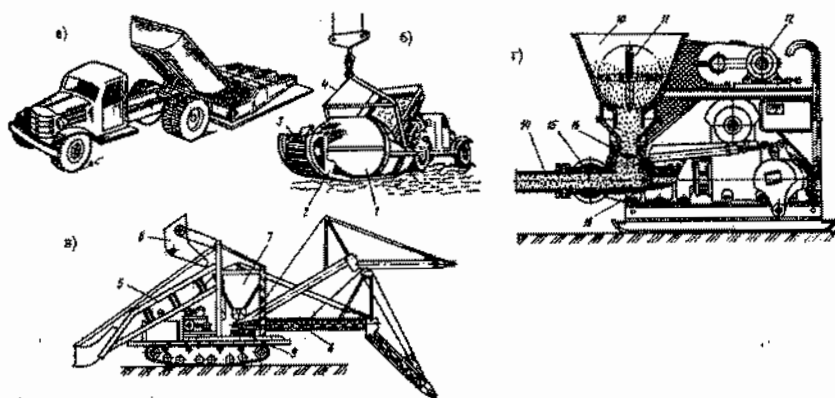


Рис. 4.7. Средства для подачи и распределения бетонной смеси: 1 - бадья при выгрузке смеси; 2 - полозья; 3 - затвор; 4 - траверса; 5 - направляющие ковша; 6 - ковш; 7 - вибробункер; 8 - конвейер; 9 - поворотная платформа; 10 - загрузочная воронка; 11 - смеситель; 12 - электродвигатель; 13 - поршень; 14 - бетоновод; 15, 16 - нагнетательный и всасывающий клапаны

Подачу и распределение бетонной смеси в конструкции на расстоянии до 20 м с уклоном к горизонту  $5 \dots 20^\circ$  обеспечивают виброжело-

бами в сочетании с вибропитателем вместимостью  $1,6 \text{ м}^3$ . Им можно укладывать смесь до  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$  при угле наклона  $50^\circ$ , а при угле  $150^\circ$  — до  $43 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Качество бетонированных конструкций во многом зависит от правильной укладки и уплотнения бетонной смеси. Смесь при укладке должна плотно прилегать к опалубке, арматуре и закладным частям сооружения, а также полностью заполнять (без каких-либо пустот) объем бетонированной конструкции.

**Способы укладки смеси.** Смесь укладывают горизонтальными слоями толщиной  $30 \dots 50 \text{ см}$  по всей площади бетонированной части сооружения (блока). При этом все слои укладывают в одном направлении, одинаковой толщины, непрерывно на всю высоту и тщательно уплотняют. Для равномерного распределения смеси в массивных неармированных блоках применяют малогабаритные электробульдозеры на базе гусеничного трактора или оборудованные отвалом электровездеходы, приводимые в движение питающим электрокабелем. Их производительность при разравнивании смеси достигает  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  (см. рис. 4.11, г). Если размеры бетонированного блока не позволяют применить микробульдозеры, то смесь распределяют вручную лопатами. При этом если смесь можно подать на любой участок бетонирования, трудоемкость ее распределения незначительна, а если нет, то приходится ее дополнительно перемещать. Перекидывать смесь во избежание ее расслоения допускается лишь в исключительных случаях; двойная перекидка, как правило, не допускается. Продолжительность укладки слоя ограничивается временем начала схватывания цемента, устанавливаемого лабораторией. Перекрывать предыдущий слой последующим необходимо до начала схватывания цемента в предыдущем слое.

Бетонную смесь лучше всего укладывать из самосвалов, бетоновозов и бетоносмесителей непосредственно в конструкцию (рис. 4.8, а... в), т.е. наиболее простым способом. При невозможности такой укладки смесь в конструкцию подают с помощью вибропитателя и виброжелобов (рис. 4.8, г). В массивные и объемные конструкции смесь укладывают с помощью специальных бетоновозных эстакад и передвижных мостов, оборудованных приемными воронками и хоботами, на которые заезжают бетоновозы. При бетонировании стен сооружений, в том числе заглубленных (опускных колодцев и т.п.), смесь укладывают кранами в бадьях (рис. 4.8, д, е) и подъемниками. Укладку смеси в массивные конструкции, а также в стесненных условиях осуществляют ленточными транспортерами (конвейерами). Однако, поскольку при такой укладке много времени затрачивается на перестановку транспортеров, применять их целесообразно только при больших объемах бетона, укладываемых с одной стоянки. Смесь в рассредоточенные конструктивные элементы укладывают с помощью самоходных ленточных бетоноукладчиков со стрелой постоянной длины (рис. 4.8, ж) и телескопической (рис. 4.8, з).

При необходимости более интенсивного ведения бетонных работ и частого перебазирования оборудования применяют автобетононасосы (АБН), например типа СБ-126, смонтированного на шасси автомобиля КамАЗ-53213 с распределительной трехсекционной стрелой длиной  $18 \text{ м}$ , снабженной бетоноводом диаметром  $125 \text{ мм}$ . АБН может подавать смесь на



расстояние до 400 м и высоту до 80 м. Им особенно удобно подавать смесь в высоко расположенные (рис. 4.9, а) или отдаленные (рис. 4.9, б) конструктивные элементы при загрузке смесью из автобетоносмесителей.

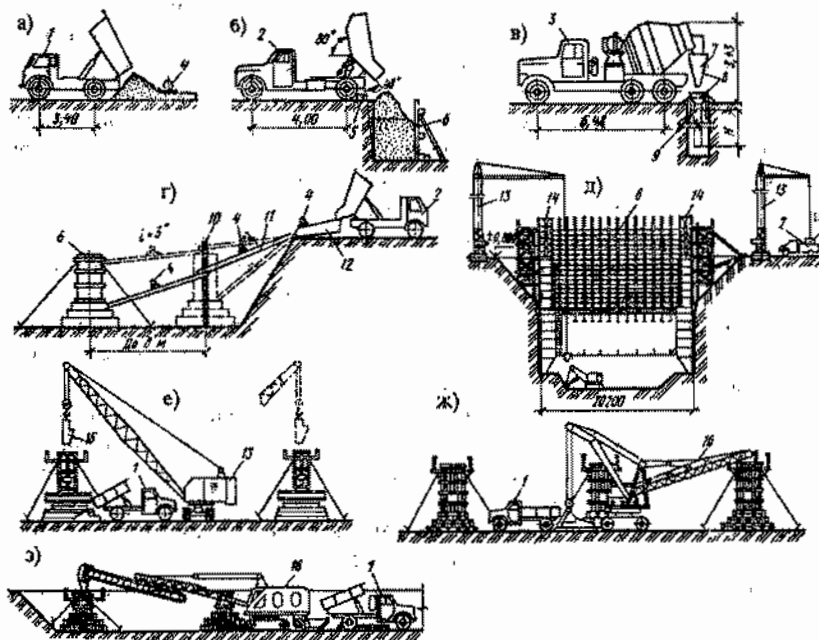


Рис. 4.8. Способы укладки бетонной смеси: 1 - автосамосвал; 2 - автобетоновоз; 3 - автобетоносмеситель; 4 - вибратор; 5 - упорный брус; 6 - опалубка; 7 - лоток; 8 - воронка; 9 - труба; 10 - стойка; 11 - виброжелоб (или лоток); 12 - вибропитатель; 13 - краны; 14 - звеньевой кобот; 16 - самоходные бетоноукладчики

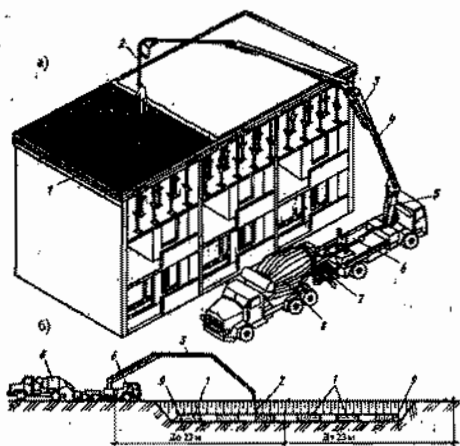


Рис. 4.9. Укладка бетонной смеси автобетононасосами: 1 - укладка бетона; 2 - рукав; 3 - шарнирная стрела; 4 - бетоновод; 5 - гидроцилиндр; 6 - автобетононасос; 7 - приемный бункер; 8 - автобетоносмеситель; 9 - опалубка

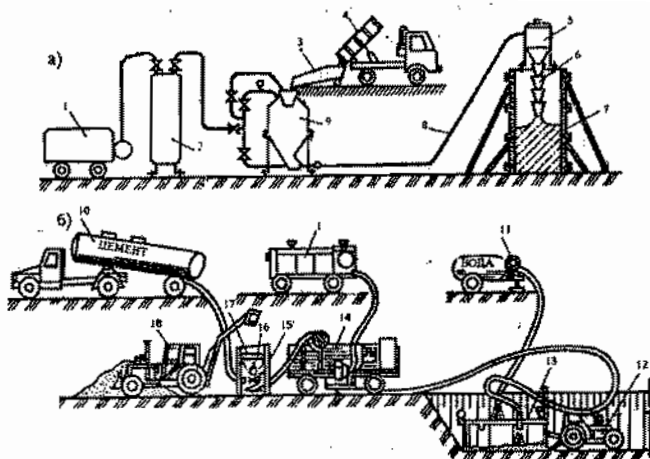


Рис. 4.10. Укладка бетонной смеси пневмонагнетателями: 1 - компрессор; 2 - ресивер; 3 - вибропитатель; 4 - автобетоновоз; 5 - гаситель; 6 - хобот; 7 - опалубка; 8 - бетоновод; 9 - пневмонагнетатель; 10 - цементовоз; 11 - насос для подачи воды; 12 - трактор; 13 - устройство для ведения сопла; 14 - бетон-шприц-агрегат; 15 - дозатор; 16 - бункер; 17 - виброгрохот; 18 - экскаватор-бульдозер

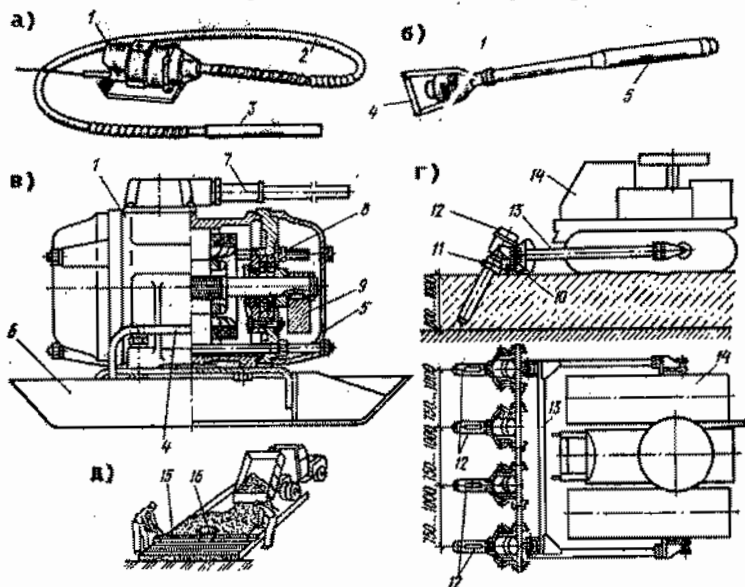
Для бесперегрузочной укладки смеси используют также пневмонагнетатели (рис. 4.10, а), работающие от компрессора. При необходимости торкретирования бетонируемого сооружения смесь укладывают способом пневмоабрызга с помощью компрессора и бетон-шприц-агрегата (рис. 4.10, б). Однако независимо от применяемого способа укладки смеси следует обеспечивать неизменность положения опалубки, арматуры и закладных деталей. При смещении их следует выправить до затвердения смеси.

**Уплотнение бетонной смеси**, необходимое для улучшения качества и прочности бетонных конструкций, осуществляют вибрированием или вакуумированием.

При вибрировании смеси передают колебания, разрушающие силы внутреннего трения и сцепления между ее частицами. В результате смесь приобретает свойства структурной жидкости, обладающей текучестью, которая хорошо заполняет опалубочную форму. При этом из смеси удаляется воздух, что также способствует улучшению структуры и повышению прочности бетона. Для уплотнения смеси вибрированием применяют вибраторы различных типов и конструкций, которые по способу воздействия подразделяют на глубинные, поверхностные и наружные, а по роду привода и питающей энергии — на электрические и пневматические. Глубинные вибраторы выполняют с погруженным в бетонную смесь и передающим ей колебания виброаконечником (рис. 4.11, а) или корпусом (рис. 4.11, б). Глубины и ширины вибраторами смесь уплотняют путем вертикального или наклонного погружения виброаконечника или корпуса в уплотняемый слой. При уп-

лотнении шаг перестановки глубинного вибратора не должен превышать радиуса его действия, а глубина погружения в бетонную смесь должна обеспечивать заглубление его в ранее уложенный слой на 5 ... 10 см.

В процессе уплотнения нельзя касаться вибратором арматуры, так как это может и нарушить ее сцепление с бетоном. Чтобы не допустить пропущенных невибрированных участков, смесь уплотняют полосами вдоль опалубки или арматуры. При бетонировании больших неармированных блоков, например при устройстве бетонной подушки крупных опусковых колодцев береговых водозаборов, для уплотнения смеси применяют малогабаритные электротракторы, оборудованные вибропакетами из четырех подвесных глубинных вибраторов (см. рис: 4.11, г). Бетонную смесь при этом подают автобетоновозом и распределяют электротрактором с отвалом.



**Рис. 4.11. Уплотнение бетонной смеси:** а - глубинным вибратором с гибким валом; б - ручным глубинным вибратором с встроенным электродвигателем; в - поверхностным вибратором; г - малогабаритным электротрактором с навесным пакетом вибраторов; д - вибробрусом; 1 - электродвигатель; 2 - гибкий вал; 3 - вибронаконечник; 4 - рукоятка; 5 - корпус; 6 - рабочая площадка; 7 - токоподводящий кабель; 8 - шарикоподшипник; 9 - дебаланс; 10 - резиновый амортизатор; 11 - хомут; 12 - вибраторы ИВ-90; 13 - рама; 14 - электротрактор; 15 - вибробрус; 16 - вибратор.

Поверхностные вибраторы, устанавливаемые на уложенную бетонную смесь, передают ей колебания через рабочую площадку (см. рис. 4.11, в). Их применяют при уплотнении неармированных или армированных одиночной арматурой плоских конструкций толщиной не более 250 мм, а также с двойной арматурой толщиной не более 120 мм. Поверхностными вибраторами смесь уплотняют правильными непрерывными

ми полосами, перекрывая границы уже провибрированного бетона на 10 ... 20 см. Переставляют поверхностный вибратор проволочным крючком, отрывая его от бетона. Для уплотнения и разравнивания горизонтальных слоев бетона небольшой толщины (в плитах динща) наряду с поверхностными вибраторами применяют вибробрусы (рис. 4.11, д).

**Вакуумирование бетона** в целях его уплотнения осуществляют за счет отсоса из смеси свободной, химически не связанной воды и воздуха. При этом помимо уплотнения смеси уменьшаются усадочные явления, быстрее нарастает прочность бетона, повышается морозостойкость и водонепроницаемость. Прочность вакуумированного бетона по сравнению с вибрированным выше на 15 ... 20%. Вакуумирование наиболее эффективно для конструкций с большой площадью бетонной поверхности. Вакуумирование бетона производят с опалубленных и неопалубленных поверхностей. Иногда также применяют внутреннее вакуумирование с помощью погруженных вакуум-трубок. Поскольку вакуумированный бетон имеет высокую начальную прочность (0,3 ... 0,5 МПа), во многих случаях можно производить его немедленную распалубку, а при бетонировании плоских конструкций приступать к заглаживанию, торкретированию и железнению поверхности. Для вакуумирования применяют жесткие вакуум-щиты или гибкие вакуумные маты, которые плотно прижимают к поверхности бетона и герметизируют по периметру.

Необходимый вакуум для отсоса воды из бетона создают с помощью агрегатов, укомплектованных вакуум-насосами или компрессорами.

Процесс вакуумирования заключается в следующем: на поверхность свежееуложенного бетона укладывают вакуум-щиты, подключенные через всасывающие шланги к вакуум-насосу. При включении его в полости щита образуется вакуум и из бетона отсасывается воздух и свободная вода. Производительность вакуум-установки из 20 ... 50 щитов – 200 ... 250 м<sup>2</sup> бетонной поверхности.

Поскольку конструкции обычно бетонируют с перерывами, вызываемыми сменностью работ, технологическими и организационными причинами, то место, где после перерыва укладывают свежую бетонную смесь, называют *рабочим швом бетонирования*. Важно правильно выбрать места расположения таких швов при бетонировании различных конструкций, учитывая при этом, что контакт и силы сцепления свежееукладываемого бетона с ранее уложенным и уже твердеющим слабее, чем в однородном бетоне. Возобновлять бетонирование в месте шва можно после достижения бетоном у шва прочности не менее 0,15 МПа, что определяет продолжительность перерывов до 18 – 24 ч при температуре воздуха +15°С. Поверхность рабочего шва должна быть перпендикулярной продольной оси элемента, в стенах и плитах – их поверхности. При подготовке к бетонированию швы через 8...24 ч после укладки бетона обрабатывают водовоздушной форсункой или пневмоскребок, а зимой – приводными стальными щетками. Затем

ианосят слой цементного раствора состава 1:3, на который укладывают бетонную смесь.

**Выдерживание бетона и уход за ним** производят в целях его твердения, т.е. набора им необходимой прочности. Для нормального твердения бетона нужна положительная температура  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$  с относительной влажностью воздуха не менее 90%. При нормальных условиях твердения прочность бетона нарастает довольно быстро, и бетон (на портландцементе) через 7 ... 14 дней набирает 60 ... 70% своей 28-дневной прочности. Затем нарастание прочности замедляется. Чтобы свежесложенный бетон приобрел требуемую прочность в назначенный срок, необходимо: создание влажной среды при его твердении, предохранение от сотрясений, повреждений и ударов, резких изменений температуры. Особенно важен уход за бетоном в первые дни после его укладки, так как в этот период качество бетона может ухудшиться, после чего его улучшить практически невозможно. Необходимые для твердения бетона температурно-влажностные условия создают укрытием его различными покрытиями, а также систематической поливкой. Снимать опалубку разрешается только после приобретения бетоном прочности, установленной проектом или техническими условиями. Преждевременная распалубка может привести к повреждению забетонированных конструкций. Особенно тщательно организуют уход за бетоном таких конструкций, как стволы водоопорных башен или оболочки градирей, которые заприцают от быстрого высыхания в течение не менее 14 суток. В теплое время года (не позднее чем через 5 ... 6 ч после снятия опалубки) открытые поверхности бетона поливают водой через каждые 3 ч днем и не реже одного раза ночью в течение 7 сут, а затем не реже трех раз в сутки.

#### 4.5. Специальные методы бетонирования

Такие методы бетонирования применяют в тех случаях, когда обычные методы мало пригодны или неэкономичны. Из специальных применяют методы литья, раздельного бетонирования, торкретирования, инъектирования и др.

**Укладка смеси литьем** возможна при применении бетонов повышенной подвижности, в частности с добавлением суперпластификаторов. Введение суперпластификаторов в бетонную смесь резко увеличивает ее подвижность, что, в свою очередь, позволяет укладывать ее в опалубку методом литья, т.е. без необходимости ее распределения и виброуплотнения. При этом смесь полностью заполняет всю опалубку под действием гравитационных сил. Метод позволяет сократить расход цемента и повысить качество бетонизируемых конструкций.

**Метод раздельного бетонирования** заключается в раздельной укладке в опалубку крупного заполнителя (щебня), а затем цементно-песчаного раствора, который заполняет в нем пустоты. Его применяют при возведении железобетонных резервуаров, бетонировании в условиях интенсивного притока грунтовых вод и в других случаях.

Раздельное бетонирование может быть гравитационным и инъекционным. При первом раствор проникает в крупный заполнитель под действием сил тяжести, а при втором — под давлением, создаваемым нагнетателем. Метод нагнетания раствора более эффективен и может быть применен для бетонирования тонкостенных конструкций. Гравитационное раздельное бетонирование с заливкой раствора сверху применяют при бетонировании конструкций высотой до 1,2 м, а при большей высоте их — инъекционное, с нагнетанием раствора через трубы-инъекторы. При толщине конструкции более 1 м раствор нагнетают через стальные трубы, устанавливаемые в опалубку, а при толщине менее 1 м — через боковые инъекционные отверстия. Для нагнетания раствора применяют растворонасосы. Время бетонирования яруса не должно превышать продолжительности схватывания цемента в растворе. Нагнетают раствор непрерывно снизу вверх под давлением 0,15 ... 0,2 МПа и по мере нагнетания трубы поднимают. Перерывы в производстве работ более 20 мин не допускаются, так как может произойти закупорка инъекционных труб.

К недостаткам этого метода относится необходимость применения растворов с высоким содержанием цемента. Однако этот недостаток может быть устранен при использовании метода вибронагнетания, когда одновременно с нагнетанием раствора осуществляется его глубинное вибрирование.

Торкретирование заключается в последовательном нанесении на обрабатываемую бетонную поверхность слоев цементно-песчаного раствора (торкрета) с помощью цемент-пушки или бетонной смеси (набрызг-бетон) с помощью бетон-шприц-машины (см. рис. 4.10). Торкретирование применяют для повышения водонепроницаемости железобетонных емкостных сооружений, а также бетонирования тонкостенных конструкций. Методом торкретирования исправляют дефекты в бетонных и железобетонных конструкциях.

Торкретирование ведут следующим образом. Сухую цементно-песчаную или бетонную смесь из резервуара под давлением воздуха подают по шлангу к наконечнику, где, смешивая ее с водой, наносят на поверхность бетона или арматурную сетку.

Инъецирование (заполнение) каналов и заполнение пазов предварительно напряженных конструкций. Пустоты в каналах предварительно напряженных конструкций заполняют цементным раствором, чтобы защитить натянутую арматуру от коррозии и одновременно обеспечить ее сцепление с бетоном конструкций. К инъецированию каналов приступают сразу после натяжения арматуры. Для инъецирования готовят раствор на цементах марок 400...500, который подают в канал растворонасосом. Шланг от растворонасоса с соплом и краном на конце присоединяют к нижней точке канала (отверстию в анкерной пробке). Инъецирование ведут непрерывно под давлением 0,6...0,8 МПа до тех пор, пока раствор не начнет выходить с

другой стороны канала. Пазы после навивки кольцевой напряженной арматуры на стены цилиндрических емкостных сооружений заполняют торкретным покрытием, наносимым на поверхность стен цемент-пушкой методом «сизу вверх» после гидравлического испытания емкостн.

#### 4.6. Подводное бетонирование

Методы подводного бетонирования применяют для возведения подводных частей сооружений, например затопленных оголовков русловых водозаборов, днищ их опускаемых колодцев и наносных станций (при погружении без водоотлива), а также при их ремонте и восстановлении. Подводное бетонирование выполняют различными методами, в том числе методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ), восходящего раствора (ВР), укладкой бункерами, втрамбованием бетонной смеси, укладкой в мешках.

Подводное бетонирование методом ВПТ заключается в непрерывной подаче бетонной смеси по опущенной сквозь толщу воды и погруженной в смесь на дно трубе в условиях, исключающих вымывание цемента. Только верхний слой первой порции бетонной смеси соприкасается с водой, остальная смесь, поступающая через нижнее отверстие трубы, остается защищенной верхним слоем от контакта с водой (рис. 4.12, а, б). Бетонирование этим методом можно производить при глубине воды до 50 м и толщине укладываемого слоя бетона не менее 1 м.

Бетонирование методом входящего раствора (ВР), или методом отдельного бетонирования, осуществляется путем подачи цементного раствора в опалубленную подводную стену (или массив — блок), предварительно загруженную крупным заполнителем. При этом бетонирование может выполняться различными видами этого метода, в том числе: безнапорное (гравитационное) бетонирование, когда заливочные трубы устанавливают в решетчатых ограждающих шахтах и распространение раствора в пустоты крупного заполнителя происходит под действием массы раствора (рис. 4.12, в); напорное бетонирование (инъекционный метод), когда установленные в блоке трубы засыпают крупным заполнителем и распространение раствора обеспечивается давлением, создаваемым массой столба раствора в трубах или растворомасосом (рис. 4.12, г); напорное бетонирование с вибрацией (вибронангнетательный метод), когда распространение раствора в пустотах заполнителя обеспечивается давлением, создаваемым растворомасосом, и воздействием вибраторов, устанавливаемых отдельно от заливочных труб на расстоянии, не превышающем радиуса действия этих труб.

Бетонирование укладкой бетона бункерами (бадьями, ящиками, грейферами) выполняют путем опускания их под водой на основание опускаемого блока или ранее уложенный слой бетона и последующим выпуском бетонной смеси через раскрывающееся дно или затвор.

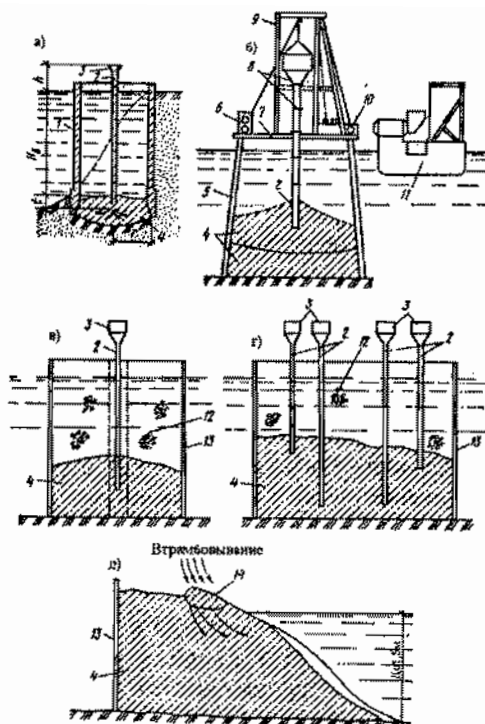


Рис. 4.12. Методы подводного бетонирования конструкций:

а - укладка бетонной смеси способом ВПТ (в подушку опускаемого колодца); б - бетонирование способом ВПТ с плавучим бетонным заводом; в - бетонирование способом ВР с шахтой; г - то же, без шахты; д - бетонирование способом втрамбовывания бетонной смеси; 1 - опускаемый колодец; 2 - заливные трубы; 3 - воронка; 4 - свежеложенная и уложенная бетонная смесь; 5 - бездонный железобетонный ящик; 6 - лебедка; 7 - рабочая площадка; 8 - соединение звеньев трубы; 9 - башенный подъемник; 10 - загрузочный ковш подъемника; 11 - плавучий бетонный завод; 12 - крупный заполнитель; 13 - опалубка; 14 - новая порция бетонной смеси

Бетонирование методом втрамбовывания бетонной смеси применяют при глубине воды до 1,5 м. Бетон укладывают с берега от уреза воды или с бетонного островка, причем последующие порции смеси укладывают и втрамбовывают в ранее уложенные, но еще не схватившиеся (рис. 4.12, д). Таким образом, с водой соприкасается только бетон, а втрамбовываемая смесь остается изолированной от воздействия воды. Для укладки бетона в мешках применяют мешки, на 2/3 заполненные бетонной смесью. Работы выполняют водолазы, которые укладывают мешки вперевязку.

#### 4.7. Особенности производства бетонных работ в зимних условиях и в условиях сухого жаркого климата

Главной особенностью и требованием при зимнем бетонировании является создание такого режима укладки и твердения бетона, при котором он к моменту замерзания приобретает необходимую прочность, называемую *критической*. Пределы такой прочности указаны в СНиПе, в частности, для бетона марки М150 она должна составлять не менее 50% проектной, для марок М200 ... М300 - 40%, но независимо от марки 70% - для конструкций, подвергающихся по окончании выдерживания замораживанию и оттаиванию, 80% - для предварительно напряженных конструкций и 100% -



для конструкций, подвергающихся сразу после выдерживания действию расчетной нагрузки (давлению воды и др.).

**Способы укладки бетона зимой** в значительной мере определяют применяемыми способами его выдерживания. На практике применяют как безобогревные способы выдерживания (способ термоса и термоса с добавками – ускорителями твердения, противоморозными добавками), так и способы искусственного подогрева или прогрева конструкций (электротермообработка бетона, применение греющей опалубки и покрытий, обогрев паром, горячим воздухом или в тепляках).

**Выдерживание бетона способом термоса** применяют для массивных конструкций. Массивность конструкций характеризуется отношением суммы охлаждаемых наружных поверхностей к ее объему, называемым *модулем поверхности* ( $M_n$ ). Способом термоса выдерживают конструкции с модулем поверхности до 6. Способ основан на использовании утепленной опалубки, тепла подогретых составляющих смеси, а также тепла, выделяемого в процессе схватывания и твердения цемента вследствие экзотермии. При этом хорошо укрытый бетон остывает настолько медленно, что успевает набрать критическую прочность до замерзания.

**Применение противоморозных добавок** (хлорида натрия в сочетании с хлоридом кальция, нитрата натрия, поташа и др.) в количестве 3...16% от массы цемента, обеспечивающих твердение при отрицательных температурах, позволяет транспортировать бетонную смесь в не утепленной таре и укладывать ее на морозе. При выборе вида добавки учитывают область применения бетонов с химическими добавками и имеющиеся ограничения. Оптимальное количество добавок обычно не превышает 16% от массы цемента. Смесь с противоморозными добавками укладывают в конструкции и уплотняют с соблюдением общих правил укладки бетона. Незащищенную опалубкой поверхность бетона временно укрывают во избежание вымораживания влаги до получения распалубочной прочности.

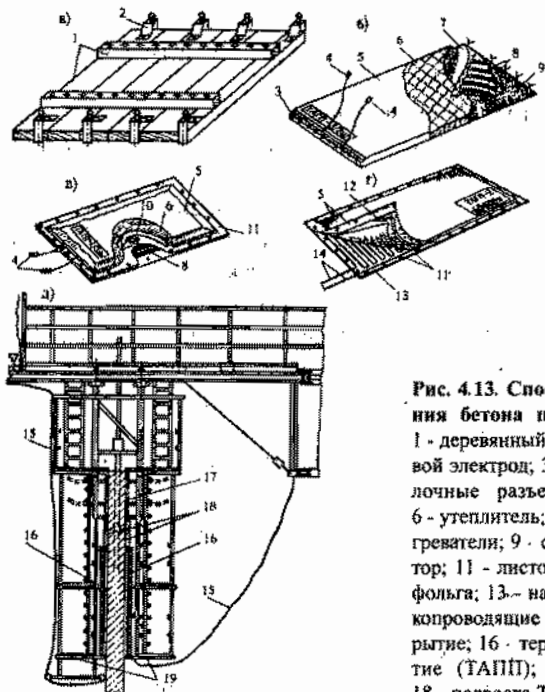
**Электротермообработка бетона** основана на использовании тепла, получаемого от превращения электрической энергии в тепловую. Электротермообработку осуществляют методами электродного прогрева (электропрогрева), а также путем электрообогрева различными электронагревательными устройствами, индукционного нагрева (в электромагнитном поле). Электродный прогрев бетона обеспечивается через электроды, располагаемые внутри или на поверхности бетона. Соседние или противоположные электроды подсоединяют к проводам разных фаз, в результате чего между электродами в бетоне возникает электрическое поле, прогревая его. Ток в армированных конструкциях пропускают напряжением 50 ... 120 В, а в неармированных – 127 ... 380 В. При прохождении тока бетон нагревается и в течение 1,5 ... 2 сут приобретает распалубочную прочность.

Электрообогрев бетона осуществляют инфракрасными лучами, передающими теплоту в виде лучистой энергии, используя в качестве источ-

ннков таких лучей трубчатые электронагреватели (ТЭНы) и стержневые карборундовые излучатели. Используют также контактный электрообогрев путем непосредственной передачи теплоты от нагревающих поверхностей к прогреваемому бетону. Его используют в греющих подъемно-переставной и разборно-щитовой инвентарной опалубках. Бетонные подготовки и днища, например, емкостных сооружений (резервуаров и др.) толщиной до 20 см бетонруют с прогревом полосовыми электродами, закрепленными на накладных деревянных щитах (рис. 4.13, а), с подключением их к трем фазам электросети. Электрообогрев можно выполнять с помощью различных нагревателей – проволочных, греющих кабелей и проводов, стержневых, трубчатых, сетчатых, пластинчатых и др.

Индукционный прогрев осуществляют за счет преобразования энергии переменного магнитного поля в арматуре или стальной опалубке в тепловую с передачей ее бетону с помощью индукционной обмотки.

**Обогрев бетона в греющей опалубке и покрытиях.** Греющую (термоактивную) опалубку (см. рис. 4.2, ж) применяют для обогрева тонкостенных и среднемассивных конструкций (с любой степенью армирования) при температурах наружного воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$ . Для обогрева конструкций типа днищ емкостных сооружений применяют инвентарные термоактивные гибкие покрытия (ТАГП): сборно-разборное (см. рис. 4.13, б), цельноклееное (рис. 4.13, в), с греющим приводом (рис. 4.13, г).



**Рис. 4.13.** Способы и средства выдерживания бетона при зимнем бетонировании: 1 - деревянный опалубочный щит; 2 - полосовой электрод; 3 - прижимные планки; 4 - вилочные разъемы; 5 - защитный чехол; 6 - утеплитель; 7 - стеклохолст; 8 - электронагреватели; 9 - стеклоткань; 10 - термоконтактор; 11 - листовая резина; 12 - алюминиевая фольга; 13 - нагревательный провод; 14 - токопроводящие провода; 15 - брезентовое укрытие; 16 - термоактивное подвесное покрытие (ТАПП); 17 - скользящая опалубка; 18 - подвеска ТАПП; 19 - подвесные леса

При скоростном возведении вертикальных стен, например, водонапорных башен, градиен в скользящей опалубке применяют двухсторонний их обогрев с установкой термоактивного подвесного покрытия (ТАПП) (рис. 4.13, д).

**Обогрев бетона паром или горячим воздухом.** Обогрев паром применяют для конструкций с модулем поверхности больше 8 ... 10. Этот способ прогрева обеспечивает благоприятные тепловлажностные условия для твердения бетона, однако требуется большой расход пара (до 2 т на 1 м<sup>3</sup> бетона), а также устройство паровых рубашек, трубопроводов и т.п. Применяют следующие разновидности паропрогрева: прогрев в паровой башне, при котором открытый пар подают в огражденное пространство, где находится прогреваемое сооружение, но так как при этом требуются повышенные расходы пара, применение метода ограничено; прогрев в паровой рубашке, при котором пар подается в замкнутое пространство, образованное вокруг прогреваемой конструкции паронепроницаемым ограждением, отстоящим от опалубки на 10 ... 15 см. Этот метод эффективен для конструкций с большими поверхностями.

**Применение тепляков, или шатров, создающих замкнутое пространство, внутри которого бетонируют и выдерживают конструкции в естественных условиях (без подогрева воздуха), не получило широкого практического распространения, а использование пленочных тепляков шатрового типа с подогревом воздуха внутри них является эффективным и прогрессивным способом зимнего бетоноирования.**

**Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата имеет ряд особенностей.** Такие сложные климатические условия наступают при летней температуре наружного воздуха 35 – 40°С при относительной влажности 10 – 25%, интенсивной солнечной радиации и частых ветрах. Совокупное воздействие таких факторов приводит к быстрому обезвоживанию (высушиванию) бетона, что замедляет и даже прекращает процессы гидратации цемента. Вследствие быстрого высушивания бетона прочность его снижается почти на 50% по сравнению с бетоном, твердеющим в нормальных температурно-влажностных условиях. Обезвоживание также приводит к образованию в бетоне капилляров, направленных в сторону испаряющей поверхности, что ухудшает поровую структуру бетона и, следовательно, снижает его долговечность. Обезвоживание приводит также к иссушению наружных слоев бетонных конструкций.

Поэтому, чтобы обеспечить надлежащее качество бетонных и железобетонных конструкций водопроводных сооружений, возводимых в условиях сухого жаркого климата, необходимо применять такие методы приготовления, транспортирования, укладки и ухода за бетоном, которые бы препятствовали или сводили к минимуму его обезвоживание.

Так, при приготовлении смеси необходимо применять меры, обеспечивающие сохранение требуемой консистенции смеси к моменту ее ук-

ладки в опалубку. Этого можно достичь в частности за счет снижения температуры смеси в процессе ее приготовления, а также принятия мер против обезвоживания смеси при ее транспортировании, укладке и выдерживании при твердении бетона. Существенно снизить температуру смеси (до 20°C) при температуре наружного воздуха до 40°C и низкой относительной влажности можно путем смачивания охлажденной водой заполнителей и обдува холодным воздухом при подаче их в смеситель и т.д. С этой же целью иногда добавляют в воду затворения до 50% льда (к ее массе).

Чтобы сохранить требуемую консистенцию смеси, в нее полезно вводить поверхностно-активные добавки (0,4 – 0,5% массы цемента). Они не только снижают обезвоживание смеси, но и пластифицируют ее, уменьшая водопотребность. В условиях сухого и жаркого климата следует увеличивать продолжительность перемешивания бетонной смеси на 30 – 50%. При этом соблюдают такой порядок: вначале в бетоносмеситель загружают заполнитель, а также 2/3 расчетного количества воды и перемешивают в течение 1 – 2 мин. Затем добавляют цемент, остальную воду, вводят добавки и вновь перемешивают 3 – 4 мин.

Готовую бетонную смесь к месту укладки следует транспортировать в закрытой таре. Для этих целей наиболее подходят автобетоновозы и автобетоносмесители. При транспортировании смеси необходимо избежать дальних перевозок, так как при этом она обезвоживается и теряет свою подвижность.

В целом, в условиях сухого и жаркого климата наиболее эффективна следующая технологическая схема: загрузка смеси на бетонном заводе в автобетоносмеситель, перевозка ее в сухом виде к месту укладки, добавление воды и перемешивание в автобетоносмесителе непосредственно у места бетонирования и немедленная укладка смеси в конструкции. При этом надо следить, чтобы в опалубке не было даже самых малых щелей, через которые возможны потери цементного молока и влаги.

Перед укладкой смеси внутреннюю поверхность опалубки следует увлажнять. Формирующую поверхность палубы из влагопоглощающих материалов (дерева, фанеры) надо покрывать специальными составами или полимерными пленками, предотвращающими сцепление с бетоном, а также поглощение воды из него.

При подаче и распределении бетонной смеси необходимо избегать многократной ее перегрузки и быстрого ее обезвоживания. Исходя из этого не следует подавать смесь в открытых транспортерах, а также длинными лотками и виброжелобами. Более целесообразна подача смеси бетононасосами по трубам или краном в бадах большой емкости. При этом свободное падение смеси не должно превышать 1,5 – 2 м.

Процесс бетонирования желателен вести непрерывно. Тщательное виброуплотнение смеси должно обеспечить плотную структуру бетона и снизить испарение воды.

Важное значение при бетонировании в условиях сухого и жаркого климата имеет своевременный и тщательный уход за бетоном. С этой целью открытые поверхности свежеложенного бетона надо покрывать мешковчиной, рогожами, брезентом; после укладки бетон через каждые 3 – 4 часа надо увлажнять. Причем, в отличие от обычных условий, при жарком и сухом климате поливать бетон надо чаще, а продолжительность поливки увеличивают до 28 сут. Иногда бетонные поверхности засыпают влажным песком или опилками с последующим систематическим увлажнением.

Там, где имеются условия, например, при бетонировании подготовленной или дна емкостных сооружений, их заливают водой через 6 – 12 ч после укладки смеси.

Однако, учитывая часто наблюдаемый дефицит источников воды в районах с сухим и жарким климатом, целесообразно применять так называемые «сухие» безвлажностные методы ухода за бетоном, в том числе твердение бетона под специальными, воздухо непроницаемыми навесами из пленки или посредством покрытия поверхности бетона различными составами. Конструкции небольших размеров можно сразу же после бетонирования накрывать легкими переносными шатрами из полихлорвиниловой пленки на каркасе из стальных трубок или стержней диаметром 16 – 20 мм. При этом коэффициент заполнения внутреннего объема бетонной конструкции должен составлять не менее 0,70 – 0,85. В этом случае при необходимой герметичности устройства внутри его создаются условия, близкие к мягкому режиму пропаривания.

Обезвоживание бетона можно также значительно снизить за счет ускорения его твердения, для чего следует применять высокоактивные, но мало усадочные цементы, ускорители твердения, а также методы тепловой обработки, в том числе при помощи герметичных пленочных навесов. Метод тепловой обработки часто оказывается наиболее эффективным, так как позволяет не только уменьшить опасность обезвоживания бетона, но и получить необходимую его прочность в наиболее короткие сроки. При этом нужно иметь в виду, что в условиях сухого и жаркого климата после достижения бетоном 70 – 80% проектной прочности он не требует какого-либо специального ухода.

#### 4.8. Требования к качеству бетонных работ

Качество бетонных и железобетонных конструкций зависит от качества используемых материалов, а также от соблюдения основных требований технологии на всех стадиях комплексного процесса бетонных работ.

Для этого необходим контроль на всех стадиях этих работ, включая: приемку и хранение исходных материалов (цемента, песка, щебня, арматурной стали, лесоматериалов и др.); изготовление и монтаж арматурных сеток и каркасов, изготовление и монтаж опалубки; подготовку основания и опа-

лубли к укладке бетонной смеси; приготовление и транспортировку смеси; укладку, уплотнение и уход за бетоном в процессе его твердения.

Все исходные материалы должны отвечать требованиям ГОСТ. Показатели свойств материалов следует проверять в строительной лаборатории по принятой единой методике.

На стадии приготовления смеси проверяют точность дозировки материалов, продолжительность перемешивания, подвижность и плотность смеси. Причем, подвижность надо проверять не реже двух раз в смену, и она не должна отклоняться от заданной более чем на 1 см, а плотность – более чем на 3%.

При транспортировке смеси следят за тем, чтобы она не начала схватываться, не расслаивалась на составляющие, не теряла подвижности из-за потерь воды, цемента или схватывания.

В процессе армирования проверяют качество арматурной стали, правильность формы и размеров (диаметров) стержней, качество сварки, правильность положения арматуры в конструкции с учетом допускаемых отклонений, приведенных в СНиП. Аналогично при устройстве опалубки особое внимание надо обратить на правильность ее установки, плотность стыков в щитах и сопряжениях, взаимное положение опалубочных форм и арматуры (для обеспечения необходимого защитного слоя бетона).

Перед укладкой бетонной смеси проверяют чистоту поверхности опалубки и качество ее смазки. Контролируют в процессе укладки смеси высоту ее сбрасывания, продолжительность вибрирования и равномерность уплотнения, не допуская расслоения смеси и образование раковин, пустот.

Процесс виброуплотнения контролируют визуально, по степени осадки смеси, прекращению выхода из нее пузырьков воздуха и появлению на поверхности цементного молока. В некоторых случаях используют плотнометры.

**Контроль качества уложенного бетона** осуществляют систематически в процессе бетонирования конструкций. Он заключается в проверке соответствия физико-механических характеристик бетона требованиям проекта. Прочность бетона на сжатие проверяют на контрольных образцах, изготовленных из бетонной смеси, взятой после ее приготовления и непосредственно на месте укладки. Приемку выполненных монолитных бетонных и железобетонных конструкций производят лишь после достижения бетоном проектной прочности. Железобетонные резервуары и другие емкостные сооружения испытывают, кроме того, на утечку воды из них, а метантеки – на утечку воздуха.

Особые меры контроля качества принимают при выполнении бетонных работ в зимнее время. Так, в процессе приготовления смеси через каждые 2 ч проверяют: отсутствие льда смерзшихся комьев в неотогреваемых заполнителях, подаваемых в бетоносмеситель, при приготовлении смеси с противоморозными добавками, температуру воды и заполнителей пе-

ред загрузкой; концентрацию солей; температуру смеси на выходе из бетоносмесителя. При транспортировании смеси один раз в смену проверяют выполнение мер укрытия, утепления и обогрева транспортной и приемной тары. Если смесь подвергают предварительному электроразогреву, то контролируют ее температуру в каждой разогреваемой порции.

При укладке смеси следят, чтобы не было снега и наледи на поверхности основания, арматуры и опалубки, следят за соответствием теплоизоляции опалубки, а при необходимости обогрева - за выполнением этих работ. Температуру смеси проверяют во время выгрузки смеси из транспортных средств и непосредственно после укладки в опалубку.

В процессе выдерживания бетона его температуру измеряют дистанционными методами с использованием температурных скважин, термометров сопротивления либо технических термометров, причем, если используется способ «термоса», предварительного электроразогрева смеси или обогрева в тепляках температуру бетона измеряют каждые 2 ч в первые сутки и не реже двух раз в смену в последующие трое суток и один раз в остальное время выдерживания. В случае применения бетонов с противоморозными добавками температуру его проверяют три раза в сутки до приобретения им заданной прочности, а при электропрогреве бетона в период подъема температуры со скоростью до  $10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$  – через каждые два часа, в дальнейшем – не реже двух раз в смену.

Прочность бетона контролируют путем испытания дополнительного количества образцов, изготовленных у места укладки бетонной смеси при соблюдении сроков, предусмотренных для различных способов зимнего бетонирования и указанных в инструкциях и справочниках. Образцы, хранящиеся на морозе, перед испытанием выдерживают 2 – 4 ч для оттаивания при температуре  $15 - 20^{\circ}\text{C}$ .

## Глава 5. ПРОЦЕССЫ-КАМЕННЫХ РАБОТ

### 5.1. Виды каменной кладки

В водопроводном строительстве каменная кладка применяется при возведении стен надземных зданий, например, зданий фильтров, насосных станций I и II подъемов, зданий речных водозаборов, реагентного хозяйства, хлораторных, озонаторных и др. Кроме того, из каменной кладки устраивают стены колодцев и камер на сетях, хотя в последнее время их чаще монтируют из сборных железобетонных элементов заводского изготовления — колец, панелей и т.п. Учитывая, что определенные объемы каменной кладки присутствуют при производстве работ по возведению зданий и сооружений систем водоснабжения и водоотведения, основные понятия и знания по их выполнению необходимы будущим инженерам-строителям данной специальности.

Различают следующие виды кладок: кирпичную из керамического кирпича; из бетонных камней, из силикатного кирпича и керамических пустотелых камней; из крупных бетонных, силикатных или кирпичных блоков; из природных камней; бутовую и бутобетонную. Основные элементы камней и каменной кладки приведены на рис. 5.1, а, б.

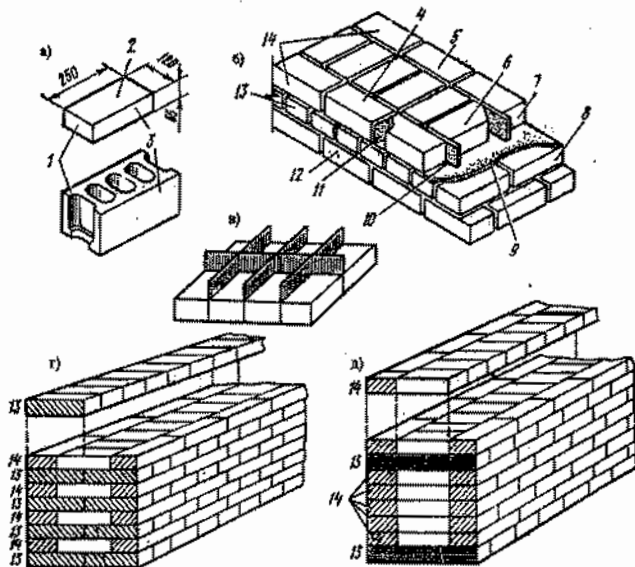


Рис. 5.1. Элементы кладки, правила разрезки и системы перевязки кирпичной кладки: 1 - тычок; 2 - постель; 3 - ложок; 4 - наружная верста; 5 - внутренняя верста; 6 - забутка; 7 - второй ряд; 8 - первый ряд; 9 - горизонтальный шов (постель); 10 - вертикальный продольный шов; 11 - вертикальный поперечный шов; 12 - фасад; 13 - тычковый ряд; 14 - ложковый ряд



## 5.2. Основные правила разрезки и перевязки каменной кладки.

### Применяемые растворы

**Правила разрезки кладки.** Основную нагрузку в каменной кладке несут сами камни, но поскольку камни хорошо сопротивляются только сжимающим усилиям, в кладке необходимо укладывать их друг на друга так, чтобы они соприкасались возможно большей площадью (и наибольшими гранями). В то же время каменная кладка должна представлять собой монолит, в котором уложенные камни не должны смещаться под действием нагрузок, для чего камни укладывают с соблюдением установленных правил разрезки кладки (рис. 5.1, в), предусматривающих определенное расположение ее рядов, разделение каждого ряда на отдельные камни и размещение швов в соседних рядах кладки.

*Система перевязки швов* — это порядок укладки кирпичей (камней) относительно друг друга. Она должна соответствовать правилам разрезки кладки. При кладке соблюдают перевязку вертикальных, продольных и поперечных швов. Основные системы перевязки кирпичей кладки стен, широко применяемые на практике, — однорядная (цепная) и многорядная (рис. 5.1, г, д), а также трехрядная система проф. Л.И. Онищика.

**При однорядной (цепной) перевязке** ложковые и тычковые ряды чередуются через один, причем так, что поперечные швы в смежных рядах сдвинуты на  $1/2$  кирпича, а продольные — на  $1/2$  кирпича (рис. 5.1, г). Таким образом, все вертикальные швы нижнего ряда при такой перевязке перекрываются кирпичами вышележащего, в чем ее преимущество.

**При многорядной перевязке** кладка состоит из отдельных стенок толщиной на  $1/2$  кирпича (120 мм), сложенных из ложков и перевязанных через несколько рядов по высоте тычковым рядом (рис. 5.1, д). Пространство между ложковыми стенками заполняют забутовочными кирпичами. Максимальная высота ложковой кладки устанавливается в соответствии с размерами кирпича и камня. При укладке из одинарного кирпича продольные вертикальные швы перекрывают через каждые пять ложковых рядов тычковым (см. рис. 5.1, д). Такую кладку называют пятирядной. Недостатком многорядной системы является отсутствие перевязки продольных швов на высоту до пяти рядов кладки, однако это практически не снижает ее прочности и устойчивости. В то же время производительность труда каменщиков при пятирядной перевязке значительно выше, чем при однорядной (цепной).

**Трехрядная система перевязки проф. Л.И. Онищика** применяется в основном при кладке столбов. При этом допускается совпадение наружных вертикальных швов в трех рядах по высоте ее. В строительстве кирпичные столбы применяют редко.

При бутовой кладке трудно достигнуть такой тщательной перевязки, как при кирпичной, так как природные камни не имеют правильной формы и одинаковых размеров. Поэтому камни в верстовых рядах и в забутке

подбирают и располагают таким образом, чтобы можно было укладывать попеременно: то длинной стороной – ложками, то короткой – тычками. При кладке стен из керамических пустотелых камней соблюдают те же правила перевязки, что и при укладке из кирпича. Кладку из сплошных и пустотелых бетонных и шлакобетонных камней ведут со смещением поперечных вертикальных швов в смежных рядах на четверть или полкамня. Кладку из камней с гладкими торцами перевязывают по трехрядной системе.

Для каменной кладки применяют строительные растворы, которые подразделяются по виду вяжущих, по роду заполнителей и маркам растворов. По виду вяжущих растворы бывают простые – цементные, известковые и сложные – цементно-известковые, цементно-глиняные. По роду заполнителей растворы делят на тяжелые (холодные) с плотностью более  $1500 \text{ кг/м}^3$  и легкие (теплые) с плотностью менее  $1500 \text{ кг/м}^3$ . Марки растворов по прочности на сжатие ( $\text{кг/см}^2$ ) принимаются: для обычных условий – 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200; в зимних условиях применяют растворы следующих марок по морозостойчивости: 10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200 и 300.

Раствор в ходе каменной кладки следует использовать до начала схватывания при периодическом его перемешивании. Чтобы раствор не расслаивался при перевозке, его перемешивают до подачи на рабочее место. Применять для кладки обезвоженные растворы нельзя. Растворы на строящиеся объекты доставляют в самосвалах и авторастворовозах с порционной выдачей. В зоне действия подъемного крана раствор перегружают в растворные ящики-контейнеры вместимостью 0,15 ... 0,25  $\text{м}^3$ , которые затем подают на рабочее место каменщика.

### 5.3. Кладка из кирпича и мелкоштучных камней

Процесс кладки включает следующие рабочие операции: установку порядовок; натягивание причалок для обеспечения правильности кладки, подачу и раскладку кирпичей на стене; перелопачивание раствора в ящике; подачу раствора на стену и расстилание его под наружную версту; укладку наружной версты; расстилание раствора под внутреннюю версту и укладку внутренней версты; расстилание раствора под забутку; укладку забутки; проверку правильности выложенного ряда кладки. Кроме того, каменщикам приходится также рубить и тесать кирпич (камни), расшивать швы.

**Способы кирпичной кладки.** Кирпичи в верстовые ряды укладывают способами вприжим, вприсык и вприсык с подрезкой раствора, а в забутку – вполуприсык (на раствор). Выбор способа зависит от пластичности раствора, состояния кирпича (сухой или влажный), времени года и требований к качеству лицевой поверхности кладки. Способ **в п р и ж и м** применяют при кладке стен на жестком растворе (осадка конуса 7 ... 9 см) с полным заполнением и расшивкой швов. При этом способе раствор расстилают кельмой с перемещением ее от уложенного кирпича, устраивая постель для трех ложковых или пяти тычковых кирпичей. Способ **в п р и с ы к** использо-

ют при кладке на пластичных растворах (осадка конуса 12 ... 13 см) с неполным заполнением швов по лицевой стороне стены, т.е. при кладке в «пустошовку». При этом для образования вертикального шва каменщик не пользуется кельмой, а разостланный на стене раствор загребают гранью кирпича, который затем переводит в горизонтальное положение, осаживает и прижимает к ранее уложенному кирпичу, образуя швы необходимой толщины. Способ вприсык с подрезкой раствора применяют при кладке стен с полным заполнением швов и с их расшивкой. При этом кладку ведут как и при способе вприсык, но только с полным заполнением раствором горизонтальных и вертикальных швов. С этой целью каменщик кельмой после укладки каждого очередного кирпича подрезает выжатый из шва раствор. Способом в полуприсык осуществляют укладку кирпичей в забутку. При этом вначале между внутренней и наружной верстами расстилают раствор, а затем, после его разравнивания, укладывают кирпич в забутку.

Исходя из последовательности укладки кирпичей различают порядный, ступенчатый и смешанный способы укладки. Порядный способ (рис. 5.2, а), при котором к кладке каждого следующего ряда приступают после укладки верст и забутки предыдущего ряда (однорядная система перевязки), отличается простотой, но в то же время он наиболее трудоемкий. При высоте кладки 0,6 ... 0,8 м работать каменщику становится трудно, особенно при кладке наружных верст на вытянутых руках. Поэтому при многорядной системе перевязки применяют более эффективный ступенчатый или смешанный способ укладки, когда каменщик, выкладывая верхние ряды наружных верст, может опираться на нижние ступени кладки (рис. 5.2, б).

**Кладка стен и углов.** Кладку стен из кирпича начинают с закрепления угловых и промжуточных рядовок, к которым затем крепят шнур-причалку, причем при кладке наружных верст ее натягивают для каждого ряда. Для упрощения контроля за качеством кладки после закрепления и выверки рядовок по ним выкладывают маяки. После установки рядовок, кладки маяков и натяжки причалки приступают непосредственно к кладке стены. Раскладывают кирпичи на стене, расстилают раствор под наружную версту и ее укладывают. Далее кладку ведут в зависимости от принятого способа кладки – порядного, ступенчатого или смешанного. Кладка углов – наиболее ответственная работа, и ее выполняют квалифицированные каменщики. При однорядной системе перевязки ложковые ряды одной стены кладут так, что они выходят тычками на лицевую поверхность другой под прямым углом, применяя при этом трехчетверки. Второй ряд перекрывают тычковыми кирпичами, и таким образом обеспечивается необходимая перевязка кладки в углах (рис. 5.2, в, г). Прямые углы при многорядной системе перевязки выкладывают с применением трехчетверок и четвертей. Примыкания и пересечения стен выполняют попеременно, пропуская ряды кладки одной стены через другую.

Армированная кирпичная кладка представляет собой кладку, усиленную стальной прутковой арматурой или полосовой сталью, которую укладывают на растворе в швы между кирпичами. Армирование может быть поперечным и продольным. Поперечное применяют в кладках столбов, стен, простенков, работающих преимущественно на сжатие, с использованием стержневых сеток прямоугольной (рис. 5.2, д) и зигзагообразной (рис. 5.2., е) форм при диаметре стержней 3 ... 8 мм.

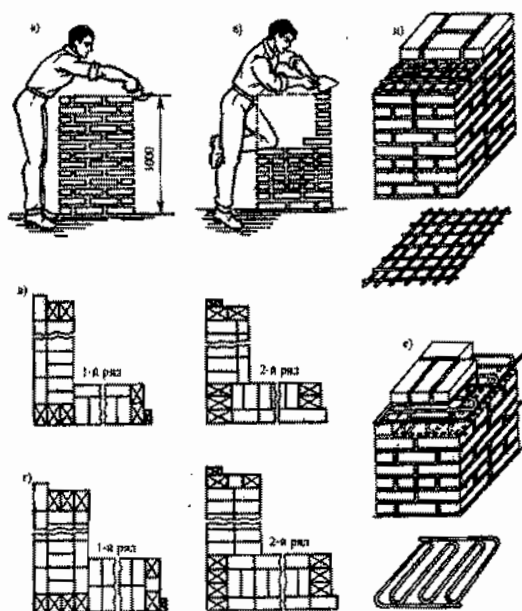


Рис. 5.2. Виды кирпичной кладки

Продольное армирование применяют при восприятии кладкой растягивающих усилий при изгибе, растяжении или внецентренном сжатии.

Кладка из керамических камней с семью и большим количеством пустот выполняется с соблюдением тех же правил перевязки, что и при кладке из кирпича.

Кладка из шлакобетонных камней несколько усложняется, так как масса таких камней, применяемых для кладки наземных стен, составляет 14 ... 25 кг, а применяемых для кладки фундаментов и стен подвалов — 28 ... 32 кг. Кладку из пустотелых бетонных камней с закрытыми щелевидными пустотами ведут так же, как и керамических, их укладывают пустотами вниз. Кладку из обработанных природных камней правильной формы выполняют теми же приемами, что и кладку из бетонных камней. Поперечную тычковую перевязку делают не реже чем через два ряда, а вертикальные поперечные швы в смежных рядах смещают на четверть или полкамня.

**Организация рабочего места и труда каменщика.** Рабочее место звена каменщиков (дезянка) включает в себя участок возводимой стены и

часть примыкающей к ней площади, в пределах которой размещаются материалы, приспособления, инструмент и передвигаются сами каменщики. По ширине рабочее место каменщиков состоит из трех зон: рабочей — свободной полосы вдоль кладки шириной 60 ... 70 см, на которой работают каменщики; зоны материалов (шириной 1,3 ... 1,6 м), на которой размещают кирпич, раствор и детали, закладываемые в кладку; транспортной, где работают такелажники, обеспечивающие каменщиков материалами и деталями. Общая ширина рабочего места 2,5 ... 2,6 м (см. рис. 5.3, б).

При кладке кирпичных стен поддоны с кирпичом (рис. 5.3, д, е, ж, з) и ящики с раствором размещают вдоль фронта работ в чередующемся порядке. Для удобства подачи раствора на стены ящики располагают друг от друга на расстоянии не более 3,5 м и обязательно длинной стороной перпендикулярно стене. При кладке сплошных стен (без проемов) обычно чередуют вдоль фронта работ четыре поддона с кирпичом и один ящик раствора (см. рис. 5.3, б) а при кладке стен с проемами ящики с раствором чередуют через два поддона с кирпичом, располагая кирпич против простенков, а раствор — против проемов.

Запас кирпича или камня на рабочем месте не должен превышать 2—4 часовой потребности. Раствор загружают в ящики вместимостью до 0,3 м<sup>3</sup> непосредственно перед началом работы из расчета на 40 ... 45 мин работы. Если кирпич доставлен не на поддонах, а в пакетах, то его подают краном на рабочее место каменщиков с помощью специального полуавтоматического захвата (рис. 5.3, а), а для подъема кирпича на поддонах применяют захваты — футляры (рис. 5.3, в, г). Для приема раствора, его перемешивания и выдачи используют соответствующие установки эстакадного (рис. 5.3, и) и безэстакадного (рис. 5.3, к) типа.

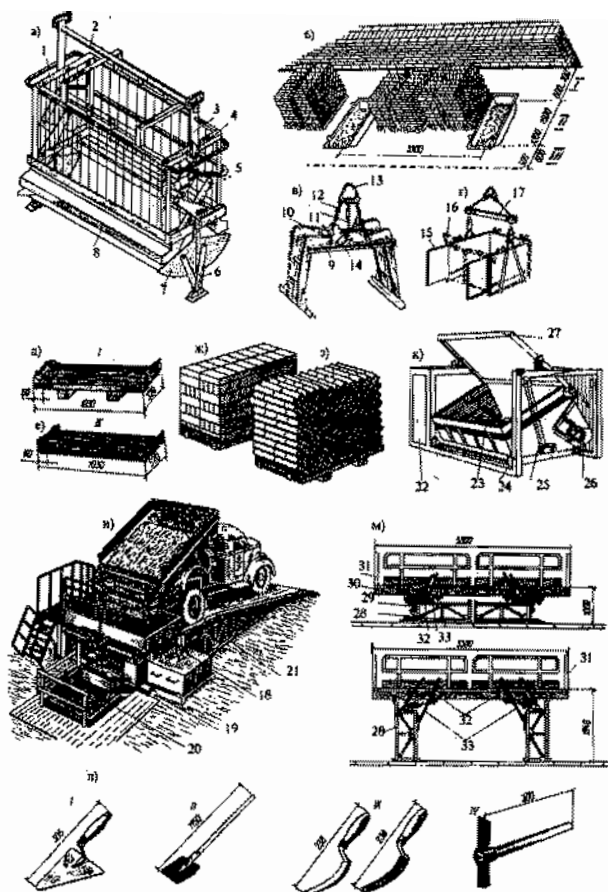
К основным инструментам каменщиков относятся кельма, растворная лопата, расшивки и молоток-кирочка.

**Подмости и леса.** Поскольку кладку стен обычно начинают после возведения фундаментов, то первое рабочее место каменщиков располагается на уровне земли или перекрытия подвала, но затем после возведения кладки на высоту 1,0 м (ярус кладки), новое рабочее место каменщика необходимо поднять на подмости.

Подмости представляют собой рабочую площадку в виде настила на инвентарных опорах, позволяющих изменять высоту рабочего места для кладки 2 ... 3 ярусов стен. При каменной кладке используют подмости различных типов, в том числе стоечные, трубчатые, инвентарно- и шарнирно-блочные (рис. 5.3, м), панельные (на металлических треугольных опорах) и др. Применяют также переносные площадки с ограждениями.

Леса представляют собой систему стоечных опор, на которых закрепляют переставные рабочие площадки. Наиболее широко распространены при каменной кладке трубчатые безболтовые леса конструкции Промстройпроекта из стоек и ригелей, соединяемых крюками за пагрубки.

**Организация труда каменщиков.** Процесс кладки, состоящий из многих операций, выполняется звеном из двух — шести каменщиков. Звенья каменщиков в зависимости от количественного состава называют соответ-



**Рис. 5.3. Организация рабочего места каменщика, применяемые инструменты, инвентарь и приспособления:** а - самозатягивающий полуавтоматический захват для подъема кирпича без поддонов; б - схема организации рабочего места каменщика I, II, III - производственная рабочая зона, зона складирования материалов и транспортная; в - подхват-футляр для подъема кирпича на поддонах; г - то же, на поддонах с крючьями; д, з - поддон для укладки кирпича в "елочку"; е, ж - то же, для укладки кирпича с перекрестной перевязкой; и - установка эстакадная для приема, перемешивания и выдачи раствора; к - то же, безэстакадная; л - основные инструменты каменщика (I - кельма, II - растворная лопата, III - расшивка для выпуклых и вогнутых швов, IV - молоток-кирочка); м - пакетные самоустанавливающиеся подмости; 1 - рама каркаса; 2 - распорка; 3 - вертикальная тяга; 4 - фиксирующее устройство; 5 - рычаги; 6 - опоры толкателя; 7 - челюсти; 8 - защитные балки; 9 - рама; 10 - Г-образные рычаги; 11 - подвеска; 12 - цепные подвески; 13 - серьга; 14 - перекидное фиксирующее устройство; 15 - стенка; 16 - рычажный зажим; 17 - траверса; 18 - смеситель; 19 - затвор для выдачи раствора; 20 - раздаточный контейнер-бункер; 21 - наклонная эстакада; 22 - моторный отсек; 23 - емкость с винтом внутри для перемешивания раствора; 24 - рама; 25 - подвеска; 26 - секторный затвор для выдачи раствора; 27 - крышка; 28 - опора; 29 - поворотный шарнир; 30 - рабочий настил; 31 - ограждение; 32 - канат для поворота опор; 33 - канат для установки и снятия подмостей в сложенном виде с перекрытия

ственно двойкой, тройкой, четверкой и т.д. Но основу любого звена составляет двойка – каменщик 5 – 4-го разряда (ведущий) и каменщик 2-го разряда (подручный). При таком составе звена ведущий каменщик выполняет кладку верстовых рядов, а подручный расстилает раствор по стене, подает кирпичи совместно с каменщиком заполняет забутку. При возведении любых стен зданий каждое звено каменщиков работает на отдельной делянке. Количество делянок и их размеры устанавливают в зависимости от трудоемкости кладки и сменной выработки звеньев.

#### 5.4. Кладка колодцев и камер на сетях

В зависимости от назначения и размеров колодца или камеры их выкладывают круглыми или прямоугольными со стенками толщиной не менее одного кирпича. Круглые колодцы и камеры выкладывают тычковыми рядами, причем так, чтобы тычковые грани кирпичей образовали внутреннюю поверхность колодца заданного диаметра. Перевязку кладки делают путем смещения кирпичей в смежных рядах на их четверть. Кладку стен прямоугольных колодцев выполняют по двухрядной системе перевязки. Применяемый для кладки стен колодцев и камер цементный раствор должен быть состава 1:4 при устройстве их в сухих грунтах и 1:3 – в мокрых. Вертикальные швы на внутренней поверхности кладки должны быть целиком заполнены раствором. Швы кладки с внутренней стороны колодцев и камер часто расчищают и затирают цементным раствором состава 1:2 заподлицо с кладкой. Уширенные швы наружной стороны кладки круглых колодцев при малом их диаметре заделывают раствором, а при большом в целях экономии раствора швы расщепивают. При наличии грунтовых вод внешнюю поверхность колодцев и камер оштукатуривают цементным раствором на высоту 0,5 м и выше уровня этих вод.

В связи с тем что круглые колодцы в своей нижней части имеют рабочую камеру, диаметр которой значительно превышает диаметр их верхней части (горловины), переход от рабочей камеры к горловине обеспечивают за счет постепенного напуска укладываемых кирпичей внутрь колодца, на 1,5...3 см в каждом ряду.

#### 5.5. Бутовая и бутобетонная кладки

**Бутовую** кладку из природных камней, имеющих две примерно параллельные поверхности (постели) и массу до 30 кг, выполняют «под лопатку», «под залив», а также с виброуплотнением.

На рис. 5.4 показаны примеры бутовой и бутобетонной кладки, а также кладки из керамических и бетонных камней.

Кладку «под лопатку» ведут горизонтальными рядами толщиной до 250 мм с подбором и приколкой камней, расщепкой пустот и перевязкой швов. При этом первый ряд укладывают по подготовленному основанию насухо из крупных камней, после чего пустоты между ними заполняют мелкими камнями или щебенкой с трамбованием и заливкой жидким раствором, затем кладку ведут порядно, соблюдая перевязку, на пластичном

растворе. Разновидностью такой кладки являются: кладка «под скобу» – из камней одинаковой высоты, подбираемых по шаблону; кладка с приколкой лицевой поверхности, при которой неровности лицевой поверхности камней предварительно окалывают. Кладку «под залив» выполняют в опалубке из рваного бутového или булыжního камня без их подбора и выкладки верстовых рядов. Первый слой высотой 200...250 мм укладывают без раствора враспор траншеи и уплотняют трамбовками. Затем, заполнив все пустоты мелким камнем и щебнем, заливают уложенный слой жидким раствором и так каждый ряд кладки. Кладку с виброуплотнением выполняют с применением площадочного вибратора для уплотнения каждого слоя залитого раствора. Кладку производят в опалубке или в распор со стенками траншеи.

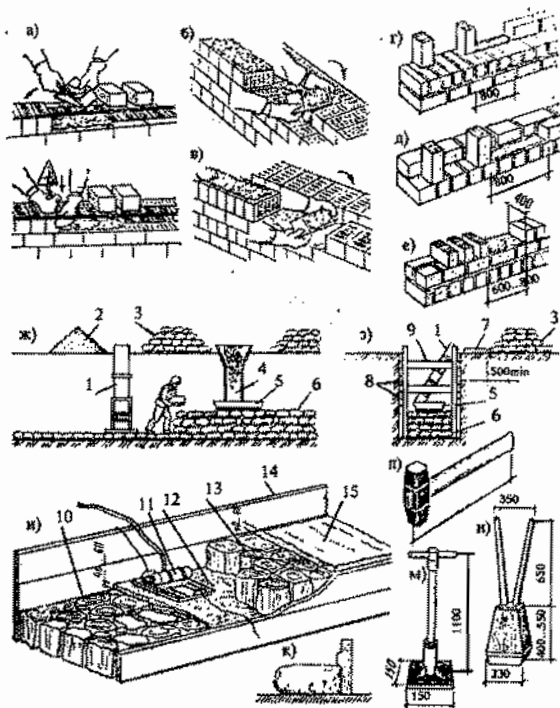


Рис. 5.4. Кладка из керамических, бетонных и природных камней: а - укладка наружной тычковой версты; б - укладка забутки; в - укладка керамических камней внутренней версты; г, д, е - основные приемы укладки бетонных камней; ж, з - организация бутовой кладки; и - бутровая кладка "под лопатку"; к - то же, "под скобу"; л, м, н - используемые инструменты (л - молоток-кулачок; м, н - металлическая и деревянная трамбовки); 1 - желоб; 2 - щебень; 3 - бутový камень; 4 - лоток; 5 - ящик для раствора; 6 - кладка; 7 - настил; 8 - крепление стенок траншеи; 9 - распорки; 10 - первый слой камня; 11 - площадочный вибратор; 12, 15 - раствор; 13 - второй слой камня; 14 - опалубка

Бутовую кладку в водопроводном строительстве применяют при наличии местного камня для устройства фундаментов и стен насосных



станций, хлораторных и подобных зданий, а также для устройства затопленных оголовков водозаборов и др.

Бутобетонная кладка заключается в том, что в бетонную смесь, в которую горизонтальными рядами втапливают бутовые камни «изюм» при объеме их до половины общего объема кладки. Поперечный размер камнями не должен превышать 1/3 ширины возводимой конструкции. Булыжный камень можно применять нерасколотым. Бетонную смесь и камни укладывают последовательно горизонтальными слоями.

### **5.6. Особенности производства каменных работ в зимнее время**

В зависимости от вида кладки и возводимых конструкций каменные работы зимой выполняют следующими основными способами: с замораживанием, с использованием противоморозных добавок, с применением паробогрева и в тепляках.

**Способ замораживания** является наиболее экономичным и распространенным. Он основан на том, что замерзший в швах раствор твердеет в основном после оттаивания кладки и частично до замерзания (вследствие положительных температур раствора), а также при зимних и весенних оттепелях или искусственном отоплении кладки. Поскольку элементы конструкций, выполняемые способом замораживания, должны быть устойчивыми и обладать достаточной прочностью в период оттаивания, способ применяют только при кладке из кирпича и камней правильной формы, а также постелистого бута, укладываемого «под лопатку». Способом замораживания допускается возводить стены высотой не более 15 м. Кладку ведут с использованием пластичных цементных, цементно-известковых или цементно-глиняных растворов. Марки растворов назначают исходя из температуры воздуха в момент кладки. Они к месту кладки должны подаваться в подогретом состоянии (от +5 до +15°C при морозе от -10 до -20°C).

Для лучшего обжатия швов кладки до замерзания раствор целесообразно растилать на постели короткими участками (рядками). Необходимо также стремиться быстрее возводить кладку по высоте (для лучшего уплотнения раствора в швах). Кладку стен в пределах захватки на высоту яруса ведут, как правило, без разрывов. Ее необходимо выполнять с особой тщательностью – с соблюдением правил перевязки, строгой горизонтальности рядов и вертикальности стены. Отклонение от вертикальности может привести при оттаивании раствора к еще большему искривлению кладки и даже к ее разрушению. Весной, в период оттаивания кладки, необходимо вести постоянное наблюдение за конструкциями и при необходимости принимать меры по повышению прочности и устойчивости возводимых каменных конструкций.

**Кладка на растворах с противоморозными добавками** обеспечивает более низкую температуру замерзания воды затворения и, следовательно, самого раствора. В результате процесс твердения цемента ускоряется, и раствор в кладке набирает необходимую прочность при средних и слабых морозах. Обычно применяют раствор марки не ниже М50.

Количество и состав добавок зависят от среднесуточной температуры воздуха и определяются строительной лабораторией. Использование растворов с добавками для конкретного вида конструкций должно быть согласовано с проектной организацией. Применять растворы для зданий и сооружений с повышенной влажностью среды в период эксплуатации (насосные, водоочистные станции, здания фильтров и т.п.) запрещается, так как химические добавки являются гигроскопичными, они часто дают высолы на поверхности стен.

Кладку на растворах с противоморозными добавками ведут, как и кладку способом замораживания, но при условии, что приготовленный раствор должен быть использован в дело до начала его схватывания. Смесь в момент укладки должна иметь температуру не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ . Паропрогрев кладки требует устройства специального ограждения и трубчатой системы для подачи пара. Он допускается только для таких конструкций, которые не требуют последующей искусственной сушки. Кладку в тепляках используют в исключительных случаях, когда ее переохлаждение не допускается.

### 5.7. Требования к качеству каменных работ

Качество выполненных каменных работ необходимо контролировать систематически, применяя соответствующие инструменты и приспособления, к которым относятся уровень, отвес, складной метр, рулетка, шаблон, угольник и др. Следует стремиться к тому, чтобы возможные отклонения от проектных размеров каменных конструкций не превышали допустимых значений, указанных в СНиП (табл.5.1).

Для обеспечения требуемого качества выполненной кладки каменщик в процессе кладки должен следить за тем, чтобы применялись кирпич и раствор, указанные в проекте, проверять правильность перевязки и качество швов и кладки, вертикальность, горизонтальность и прямолинейность поверхностей и углов, правильность установки закладных деталей и связей, качество поверхности кладки (рисунок, расшивка швов, подбор кирпича для наружной версты).

В сухую, жаркую и ветренную погоду кирпич перед укладкой обязательно надо смачивать в ящике с водой. Это необходимо для того, чтобы раствор лучше сцеплялся с кирпичом и нормально твердел. При перерывах в работе верхний ряд кирпичей оставляют непокрытым раствором. Возобновлять кладку после перерыва надо с полива поверхности ранее уложенной кладки. Сухой кирпич после укладки на раствор отсасывает из него воду, уменьшая его водосодержание, и прочность раствора снижается. Необходимая степень увлажнения кирпича перед укладкой устанавливается строительной лабораторией.

Если отклонения превышают допустимые значения, вопрос о возможности продолжения работ решают совместно с проектной организацией. Иногда может возникнуть необходимость в разборке и переделке дефектного участка кладки. Если же кладку не переделывают, то принимают меры по исправлению допущенных дефектов. Правильность закладки углов проверяют деревянным угольником.

Горизонтальность углов кладки на каждом ярусе контролируют правилом и уровнем не реже двух раз. Вертикальность поверхностей стен и углов проверяют уровнем и отвесом также не реже двух раз на каждом ярусе. Периодически проверяют толщину швов.

Таблица 5.1

**Допустимые отклонения, мм, в каменной кладке (согласно СНиП)**

Отклонения, мм	Кирпич, керамические и другие камни правильной формы, крупные блоки		Бутовый камень и бутобетон		
	стены	столбы	фундаменты	стены	столбы
Отклонения от проектных размеров:					
- толщина	15	10	30	20	20
- отметка опорных поверхностей	-10	-10	-25	-5	-5
- ширина простенков	-15	-	-	-20	-
- ширина проемов	+15	-	-	+20	-
Смещение осей:					
- смежных оконных проемов	20	-	-	20	-
- конструкций	10	10	20	15	10
Отклонения поверхностей и углов от вертикали:					
- на один этаж	10	10	-	20	15
- на все здание	30	30	30	30	30
Отклонения рядов кладки от горизонтали на 10 м длины стены	15	-	30	20	-
Неровности на вертикальной поверхности кладки, обнаруженные при наложении рейки длиной 2 м	10	5	-	15	15

Качество применяемых для кладки материалов и изделий устанавливают по паспортам заводов-изготовителей, а качество раствора – по актам лабораторных испытаний. В процессе кладки ведут также геодезический контроль. Толщину швов проверяют следующим образом. Замеряют 5-6 рядов кладки и определяют среднюю толщину шва. Например, если при замере 5 рядов кладки стены ее высота составила 400 мм, то средняя высота одного ряда кладки будет  $400:5=80$  мм и средняя толщина шва за вычетом толщины кирпича составит  $80-65=15$  мм. Средняя толщина горизонтальных швов кирпичной кладки в пределах высоты этажа должна составлять 12 мм, а вертикальных – 10 мм. Толщина отдельных вертикальных швов должна быть не менее 8 мм и не более 15 мм.

## Глава 6. ПРОЦЕССЫ МОНТАЖА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### 6.1. Основные методы монтажа строительных конструкций

В зависимости от организации подачи сборных элементов под монтаж различают два метода монтажа: 1) с предварительной раскладкой элементов в зоне действия монтажного крана и 2) непосредственно с транспортных средств, т.е. «с колес». Последний метод более экономичный, но требует очень четкой организации и согласованности монтажного и транспортного процессов, что на практике трудно обеспечить.

В зависимости от характера сборных элементов применяют различные методы их монтажа, в том числе мелкоэлементный, поэлементный и блочный, а также монтаж готовыми сооружениями.

**Мелкоэлементный монтаж** применяют при установке (монтаже) отдельных деталей конструкций. Данный метод наиболее трудоемкий и требует большого количества подъемов элементов, заделки многочисленных стыков и выполнения больших объемов вспомогательных работ по устройству лесов, подмостей и временному раскреплению конструкций.

**Поэлементный монтаж** предполагает установку в проектное положение конструктивных элементов или их крупных частей (колонн, балок, ферм и т.п.). Этот метод широко применяют при монтаже различных видов зданий и сооружений.

**Блочный монтаж** предусматривает предварительное укрупнение отдельных конструкций в плоские или пространственные блоки. Блоки могут быть собраны как на заводе-изготовителе, так и на площадке предварительного укрупнения конструкций, расположенной на стройплощадке. Этот метод широко используют при строительстве как подземных, так и наземных сооружений. Он позволяет максимально механизировать сборочные работы и устройство стыков, сократить трудоемкость и продолжительность монтажа, полностью использовать грузоподъемность монтажных кранов, уменьшить объем вспомогательных работ.

**Метод монтажа целыми сооружениями** предусматривает предварительную сборку у места монтажа самого сооружения с устройством стыков и выдерживанием до приобретения проектной прочности. Далее полностью готовое сооружение поднимают и устанавливают в проектное положение соответствующими монтажными механизмами.

В зависимости от направления развития монтажного процесса – вдоль или поперек здания или сооружения – различают **продольный** и **поперечный** монтаж.

По последовательности возведения их вверх, т.е. по высоте различают методы: **наращивания**, когда в начале монтируют нижерасположенные конструкции, а затем наращивают вышерасположенные (рис. 6.1, а); **подрачивания**, когда сначала монтируют конструкции верхнего яруса или этажа и затем их поднимают на некоторую высоту, после ведут монтаж следующе-

го нижерасположенного, который поднимают и соединяют с верхним и т.д., пока не будут смонтированы все ярусы или этажи здания (см. рис. 6.1, б).

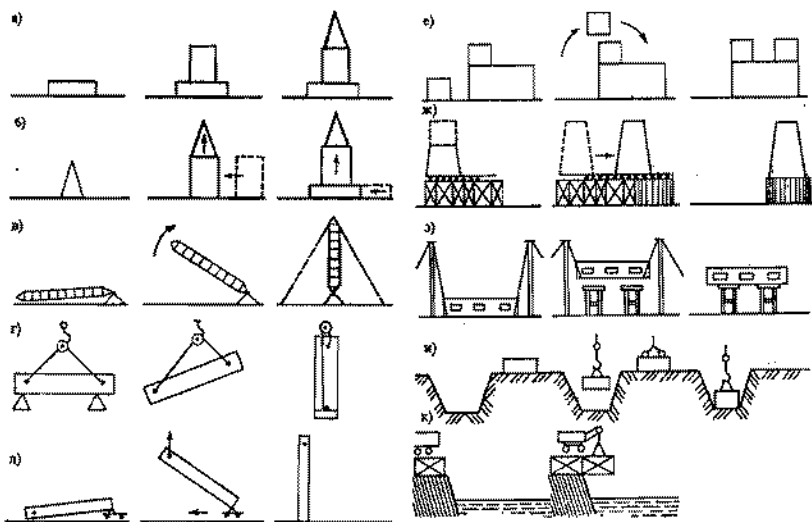


Рис. 6.1. Методы и способы монтажа строительных конструкций: а - наращиванием; б - подрачиванием; в - поворотом; г - поворотом на весу; д - поворотом со скольжением; е - подъемом со сложным перемещением; ж - надвигкой; з - вертикальным подъемом; и - вертикальным опусканием; к - навесной сборкой

В зависимости от приемов монтажа, обеспечивающих необходимую степень свободы и очередность установки элементов в проектное положение, различают методы: **свободный, приуудительный, ограниченно свободный, дифференцированный, комплексный и комбинированный.**

**Свободный метод** монтажа предполагает свободное перемещение в пространстве конструкции краном с обеспечением необходимой точности установки в процессе выверки и визуального сопоставления положения смонтированного элемента с проектным по показаниям измерительных инструментов и геодезических приборов.

**Приуудительный метод** монтажа обеспечивает точное проектное положение монтируемых элементов за счет имеющихся стыков специальной конструкции, а также применения в процессе монтажа соответствующих приспособлений и такелажной оснастки.

**Ограниченно свободный метод** монтажа позволяет в процессе выверки конструкции исключить одно или несколько перемещений путем устройства специальных приспособлений, являющихся частью конструкции.

**Дифференцированный или раздельный метод** монтажа предусматривает последовательную установку всех однотипных конструкций в пределах здания или сооружения и только после этого – установку конструкций

другого типа. Например, сначала все панели резервуара, затем фундаменты, колонны, ригели, плиты покрытия.

**Комплексный метод** предполагает монтаж всех элементов в зоне действия крана, после чего кран перемещают на новую стоянку, где также с его помощью устанавливают все элементы в зоне действия крана и т.д. до полной готовности сооружения.

**Комбинированный метод** использует элементы раздельного и комплексного методов. Например, тяжелые стеновые панели емкостных водопроводных сооружений (массой до 10 т) монтируют вначале одним краем раздельным методом, а внутри расположенные элементы – фундаменты, колонны, перегородки, ригели, плиты покрытия сравнительно небольшой массы (до 3 – 4 т) монтируют другим краном значительно меньшей грузоподъемности и комплексным методом, т.е. в зоне своего действия – все сборные элементы с постепенным передвижением крана внутри монтируемого сооружения.

Водопроводные сооружения монтируют чаще всего дифференцированным (раздельным) методом, а также комбинированным. Поскольку при комбинированном методе используют обычно два крана, каждый из которых по своей грузоподъемности более подходит для установки соответствующих сборных элементов, то при этом достигается лучшая специализация монтажных работ и лучшее использование кранов по их грузоподъемности.

Наряду с методами монтажа существуют также понятия способов монтажа, под которыми понимают характерные технологические решения по установке конструкций в проектное положение, учитывая вид их и размеры, условия строительства и применяемые монтажные механизмы. С учетом этого можно выделить наряду с уже упоминавшимися способами наращивания и подрачивания также способы монтажа конструкций: подъемом со сложным перемещением (рис. 6.1, е); поворотом (рис. 6.1, в); поворотом со скольжением (рис. 6.1, д); надвижкой (рис. 6.1, ж); вертикальным подъемом (рис. 6.1, з) и опусканием (рис. 6.1, и); навесной сборкой (рис. 6.1, к). Наряду с рассмотренными применяют также комбинированные способы.

## **6.2. Монтаж сборных элементов из транспортных средств и с предварительным складированием**

В зависимости от характера подачи конструкций под монтаж различают монтаж непосредственно с транспортных средств, т.е. «с колес», а также предварительную завозку конструкций на приобъектный склад и укладку их в зоне монтажного крана.

**Монтаж с транспортных средств.** Конструкции для монтажа с транспортных средств доставляют на машинах без прицепов, на прицепах или полуприцепах, отцепляемых на объекте. Наиболее целесообразно сочетание доставки элементов на объект на отцепляемых прицепах и монтажа непосредственно с них. При этом достигается экономия труда и времени на

промежуточные разгрузочно-погрузочные работы, снижается стоимость монтажных работ.

Необходимое количество транспортных средств (ед.) для бесперебойной доставки конструкций

$$N = T_{\text{тр}} / T_p,$$

где  $T_{\text{тр}}$  - продолжительность транспортного цикла;  $T_p$  - то же, разгрузочного (монтажного) цикла.

При доставке конструкций на отцепляемых прицепах или полуприцепах (с учетом одного находящегося на заводе под разгрузкой и одного – под разгрузкой на объекте) к полученному значению  $N$  прибавляют еще две машины.

**Приемка и раскладка конструкций у места монтажа.** Конструкции на объекте должны быть поданы под крюк монтажного крана для установки их в проектное положение (при монтаже «с колес») или же выгружены в зоне его действия на приобъектном складе. Доставленные элементы снимают с транспортных средств специальным разгрузочным краном, если их транспортируют не в третью смену, когда разгрузку можно выполнять монтажным краном. Приемку элементов, отгружаемых на монтаж, производят на заводе-изготовителе. При этом проверяют: наличие деформаций, повреждений (сколов); проектные размеры и правильность расположения пазов, четвертей, борозд, ниш; правильность расположения закладных деталей, арматурных выпусков, фиксирующих устройств, монтажных петель; соответствие лицевой поверхности требованиям проекта (качество поверхности); наличие раковин, трещин, наплывов; выполнение работ по антикоррозийной защите закладных деталей.

Технологически и экономически наиболее эффективен монтаж конструкций непосредственно из транспортных средств. Повышается выработка и производительность труда монтажников, ускоряется монтаж здания или сооружения за счет сокращения количества перегрузок и складирования сборных элементов, повышается культура производства монтажных работ и в конечном счете, снижается их стоимость. Поэтому всегда, когда это возможно, надо стремиться к ведению монтажа сборных элементов непосредственно из транспортных средств. Однако для этого необходимо обеспечить бесперебойную доставку на объект монтируемых конструкций в точном соответствии с почасовым графиком, что не так легко сделать на практике.

### **6.3. Выбор монтажных кранов для монтажа строительных конструкций**

В водопроводном строительстве монтажные работы имеют некоторую специфику, если учесть особенности монтируемых зданий и сооружений. Это важно иметь в виду, так как вопрос выбора монтажных кранов решается, например, по-разному в случае применения их для монтажа наземных зданий (насосных станций, водозаборов, зданий фильтров, реагентного

хозяйства и т.п.), монтажа заглубленных емкостных сооружений (отстойников, фильтров, резервуаров и т.п.).

Однако, независимо от этого, общим при выборе монтажных кранов остается тот принцип, что в любом случае краны следует выбирать в два этапа. Сначала (на I этапе) по основным техническим показателям – грузоподъемности, вылету крюка и высоте подъема или глубине опускания выбирают несколько вариантов технически пригодных типов или марок кранов, а затем (на II этапе) из них методом технико-экономического сравнения по приведенным затратам выбирают наиболее экономичный вариант монтажного крана. Причем, особенности монтируемого объекта (здания, емкостного сооружения, коллектора или трубопровода) будут влиять при выборе кранов только на I этапе, при определении основных их технических параметров, а при технико-экономическом сравнении вариантов кранов на II этапе это обстоятельство не имеет решающего значения, так как методика такого сравнения кранов практически одинакова, независимо от вида монтируемого сооружения или трубопровода. Поэтому вначале имеет смысл рассмотреть методику подбора кранов по техническим параметрам для монтажа различных зданий, сооружений, встречающихся при устройстве систем водоснабжения и водоотведения, а затем рассмотреть общую методику технико-экономического сравнения вариантов кранов. Особенности выбора кранов для прокладки трубопроводов рассмотрены в гл. 9.

**Выбор монтажного крана для монтажа зданий на I этапе, т.е. по техническим характеристикам (параметрам), начинают с уточнения массы монтируемых сборных элементов (фундаментов, колонн, ригелей, плит и т.п.), монтажных приспособлений и грузозахватных устройств, габаритов и проектных положений сборных элементов в монтируемом здании. На основании этого определяют группу элементов, характеризующуюся максимальными монтажными параметрами, для которых определяют минимальные требуемые параметры крана. Схемы к их определению представлены на рис. 6.2.**

Требуемая минимальная грузоподъемность крана составит

$$G_k = m_z + m_{oc} + m_{зр},$$

где  $m_z$  – масса монтируемого элемента, т;  $m_{oc}$  – масса монтажной оснастки, т;  $m_{зр}$  – масса грузозахватных устройств, т.

Для монтажа зданий наиболее подходят башенные или приставные, а также стреловые краны.

При монтаже здания башенным краном (рис. 6.2, а) вылет его крюка определяется по формуле

$$L_k = a/2 + b + c,$$

где  $a$  – ширина подкранового пути, м;  $b$  – расстояние от оси головки подкранового рельса до ближайшей выступающей части здания, м;  $c$  – расстояние от центра тяжести монтируемого элемента до выступающей части здания со стороны крана, м.



Высоту подъема крюка крана над уровнем его стоянки определяют следующим образом:

$$H_{\kappa} = h_0 + h_2 + h_3 + h_{cm},$$

где  $h_0$  - превышение низа монтируемого элемента над уровнем стоянки крана, м;  $h_2$  - запас по высоте, требующийся по условиям безопасности монтажа для заводки конструкции к месту установки или переноса через ранее смонтированные конструкции (0,3 - 0,6 м);  $h_3$  - высота (или толщина) сборного элемента в монтажном положении, м;  $h_{cm}$  - высота строповки в рабочем положении от верха монтируемого элемента до крюка крана, м.

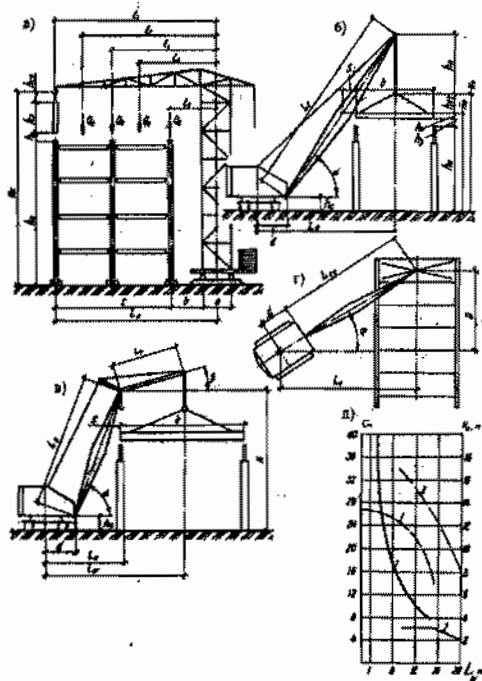


Рис. 6.2. К определению параметров при выборе монтажных кранов при монтаже зданий: а - башенного крана; б - стрелового крана без гуська; в - то же, с гуськом; г - то же, без гуська с поворотом в плане; д - график зависимости грузоподъемности от вылета и высоты подъема крюка (на примере стрелового гусеничного крана МКГ-40 с гуськом); 1 - основной подъем (крюк стрелы); 2 - вспомогательный подъем (крюк гуська)

При монтаже здания стреловым краном (рис. 6.2, б) необходимый вылет крюка определяют через длину стрелы ( $L_{\kappa}$ )

$$L_{\kappa} = L_c \cos \alpha + d,$$

где  $L_c$  - длина стрелы крана без гуська, м;  $\alpha$  - угол наклона стрелы к горизонту;  $d$  - расстояние от оси поворота крана до оси опоры стрелы ( $d \approx 1,5$  м).

Длину стрелы без гуська определяют из выражения

$$L_c = (H_0 - h_c) / \sin \alpha + (b + 2S) / (2 \cos \alpha),$$

где  $H_0$  - сумма превышения монтажного горизонта, м;  $h_c$  - превышение шарнира пяты стрелы над уровнем стоянки крана, м;  $b$  - ширина (длина) мон-

тируемого элемента, м;  $\alpha$  - указано в расшивке к вышеприведенной формуле;  $S$  - расстояние от края монтируемого элемента до оси стрелы,  $S \geq 1,5$  м.

Наименьшая длина стрелы крана обеспечивается при наклоне ее оси под углом:

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2(H_0 - h_c)/(b + 2S)}.$$

Помимо определения вылета крюка при окончательном выборе крана надо проверить также достаточность размера грузового полиспада:

$$h_n = [(b + 2S)/\cos \alpha] \sin \alpha - h_{\text{ст}},$$

где  $h_{\text{ст}}$  - высота строповки, м.

Полученное значение следует сравнить с величиной грузового полиспада выбираемого крана (обычно  $h_{\text{п}} = 1,5 - 5,0$  м).

Для стрелового крана, оборудованного стрелой с гуськом (рис. 6.2, в), необходимые характеристики определяют следующим образом.

Наименьшая допустимая длина стрелы при  $\beta = 0$

$$L_c = (H - h_c)/\sin \alpha,$$

$H$  - превышение оси вращения гуська над уровнем стоянки крана, м.

Вылет стрелы с гуськом

$$L_{c,z} = (H - h_c)/\operatorname{tg} \alpha + L_z/\cos \beta + d,$$

где  $L_{c,z}$  - длина гуська (от оси опоры до оси грузового блока), м.

Данная методика определения вылета крюка пригодна при условии передвижения крана вдоль фронта монтажа элементов. Если же монтаж будет вестись краном, стоящим против средних элементов с одной стоянки путем поворота его стрелы на угол  $\varphi$  (рис. 6.2, г), что часто имеет место при монтаже плит покрытий одноэтажных зданий (например, зданий фильтров, насосных станций и др.), методика будет другой. При повороте стрелы крана на угол  $\varphi$ , что необходимо для монтажа удаленных от оси пролета элементов, будут изменяться вылет крюка, длина и угол наклона стрелы, а также высота подъема крюка.

Используя ранее полученные значения, определяют угол наклона стрелы

$$\operatorname{tg} \varphi = D/L_K,$$

где  $D$  - горизонтальная проекция расстояния от оси пролета до центра монтируемого элемента, м.

Получив значение угла  $\varphi$ , определяют проекцию длины стрелы из зависимости

$$L_{\text{сф}} = L_K/\cos \varphi - d.$$

Так как разность  $H_K - h_c$  остается неизменной, можно определить  $tg\varphi$  по формуле

$$tg\varphi = (H_K - h_c + h_n) / L_{сф}.$$

Зная величину угла  $\alpha\varphi$ , можно определить минимальную длину стрелы крана  $L_{\varphi}$  для монтажа крайнего элемента

$$L_{к\varphi} = L_{сф} + d.$$

Далее, определив необходимые технические параметры и прежде всего вылет крюка и грузоподъемность крана на этом вылете, по справочникам «Строительные краны», в которых содержатся графики зависимости грузоподъемности кранов ( $G$ ) от вылета крюка ( $L_K$ ), выбирают соответствующие марки кранов.

**Выбор монтажного крана для монтажа водопроводных емкостных сооружений** имеет ряд особенностей.

Требуемый вылет крюка  $L_K$  определяется в основном в зависимости от применяемой схемы монтажа сооружения, которая, в свою очередь, зависит от размеров монтируемого сооружения. Так, для сооружений небольших размеров, когда их ширина ( $B_{соор}$ ) не превышает 15 м ( $B_{соор} < 15$  м), применяют I схему монтажа, при которой край и транспортные средства в процессе работ передвигаются по берме котлована (рис. 6.3, а). В этом случае вылет крюка

$$L_K = 0,5B_K + 1,2mh + 0,5B_{кр}$$

где  $B_K$  — ширина котлована по дну;  $m$  — коэффициент крутизны его откоса,  $h$  — его глубина;  $B_{кр}$  — ширина базы крана (колеи).

Для сооружений больших размеров, когда  $B_{соор} > 15$  м, применяют II схему монтажа, при которой кран и транспортные средства передвигаются вокруг сооружения по дну котлована, а для монтажа особо крупных сооружений, когда ширина их в несколько ( $n$ ) раз превышает 15 м ( $B_{соор} > 15n$  м) применяют III схему, при которой они передвигаются внутри сооружения, по его днищу. Работа крана по схемам II и III с передвижением его в максимальном приближении к монтируемым конструкциям позволяет вести монтаж на минимальном вылете крюка:

$$L_{к.мин} = R_M + 1 + 0,5\delta_1,$$

$R_M$  — радиус поворота машинной платформы крана; 1 — просвет между краном и сооружением;  $\delta_1$  — толщина устанавливаемых конструкций.

Учитывая необходимость поворотов крана для снятия конструкций с транспортных средств, а затем для установки их в проектное положение, необходимо производить проверку на безопасность этих операций по условию

$$L'_K \geq L_{к.мин}.$$

Вылет крюка должен быть достаточным для снятия элементов с транспортных средств. При доставке их панелевозами (рис. 6.3, б)

$$L'_K = \delta_2 + 0,5B_n + 1 + R_m,$$

здесь  $\delta_2$  - расстояние между осями панелевоза и доставленной, но еще не снятой с него панели;  $B_n$  - ширина базы панелевоза; 1 - свободный просвет между движущимися машинами (по условию безопасности), м.

Из вычисленных значений  $L_K$  и  $L'_K$  принимают большее. Если панели доставляются в лежачем положении на автомобилях,

$$L_K = 0,5B_a + 1 + R_m,$$

где  $B_a$  - ширина автотранспортных средств.

Полученные значения  $L_K$  проверяют на возможность использования кранов для монтажа плит покрытия (в горизонтальных отстойниках, резервуарах) и других конструкций - балок, лотков и т.п. с обязательным соблюдением условия

$$OA = OB \geq 1,5 \text{ м},$$

где  $OA$  и  $OB$  - свободные расстояния между образующей стрелы и габаритом монтируемых конструкций (по горизонтали и вертикали).

В этом случае

$$L''_K = E + l' + \delta + 0,5b,$$

где  $E$  - расстояние между осью вращения платформы и шарнирного крепления стрелы крана;  $l'$  - расстояние между шарниром крепления стрелы крана и стеной монтируемого сооружения;  $\delta$  - толщина стеновой панели;  $b$  - ширина секции (коридора, пролета) сооружения.

В стесненных условиях, для лучшего использования грузоподъемности, край передвигают на предельно близком расстоянии к фронту монтажных работ, сохраняя  $OA = 1,5 \text{ М}$  и увеличивая  $OB$  до предельно возможного значения, ограниченного длиной стрелы (точка  $B'$ ). Монтаж легких конструкций можно производить на большом вылете крюка ( $L''_K$ ).

При этом сохраняют  $OB = 1,5 \text{ М}$ , увеличивая до возможных пределов  $OA$  (точка  $A'$ ). В обоих случаях вылет крюка определяют по схемам, вычерченным в масштабе (рис. 6.3, б).

При монтаже особо крупных сооружений применяют комбинированную IV схему, при которой наиболее тяжелые элементы (стеновые панели) крайних стен, а также конструкции ближайшего пролета монтируют с передвижением крана и транспортных средств по берме котлована, а конструкции, расположенные внутри сооружения, - с использованием другого крана, передвигающегося по днищу сооружения. Соответственно вылет крюка крана №1 определяют, как для схемы I, а для крана №2 - схемы III. При монтаже по схеме IV отпадает необходимость в завозе тяжелых стеновых панелей на днище и, кроме того, появляется возможность монтировать конструкции одновременно двумя кранами, в результате чего значительно сокращаются сроки строительства.

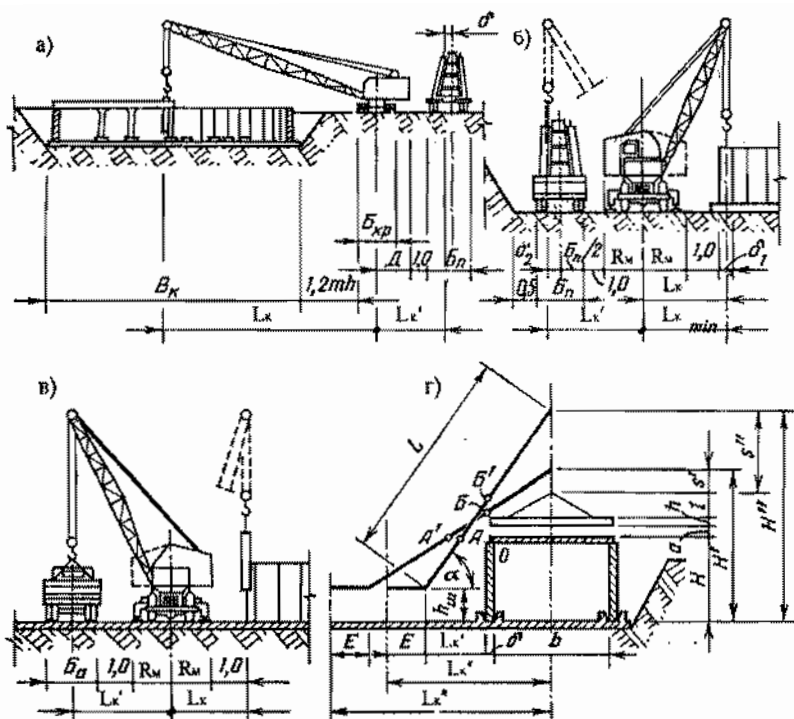


Рис. 6.3. Схемы определения вылета крюка крана и высоты его подъема при монтаже емкостных сооружений: а - схемы движения крана и транспортных средств по борту котлована; б - то же по дну котлована и доставке конструкций панелевозами; в - то же по дну сооружения и доставке конструкций бортовыми машинами; г - положение стрелы, определяемое условием  $OB' > OA = 1,5$  м и при  $OA' > OB = 1,5$  м

Для подъема и установки элементов при монтаже сооружений, а также для погрузочно-разгрузочных работ применяют съемные захватные приспособления (стропы, траверсы и др.).

Высоту подъема крюка ( $H'$ ) определяют по масштабной схеме (рис. 6.3, г):

$$H' = H + a + h + l + s',$$

где  $H$  – расчетная высота проектной опоры;  $a$  – свободный просвет между опорой и поднятым элементом (для емкостных сооружений принимается не менее 0,5 м);  $h$  – высота монтажного элемента;  $l$  – высота захватных приспособлений;  $s'$  – длина сжатого полиспаста (для предварительных расчетов принимаемая равной 1,5 м).

Грузоподъемность крана подбирают в зависимости от массы монтируемых элементов с учетом массы грузозахватных приспособлений и вылета крюка.

Имея все эти данные, пользуясь справочниками по строительным кранам, в которых приведены графики их грузовых характеристик в зависимости от вылета крюка, подбирают марки или комплекты кранов, равнозначно удовлетворяющих расчетным требованиям. Окончательный выбор наиболее экономичного крана производят на II этапе, сравнивая технико-экономические показатели, рассчитанные для каждого из рассмотренных вариантов.

Требуемое количество кранов определяется по формуле

$$N_{кр} = \sum P / (AP_{э}),$$

где  $\sum P$  - объем монтажных работ, подлежащих выполнению краном данного типа, м<sup>3</sup>(м т);  $A$  - принятая сменность работы крана;  $P_{э}$  - эксплуатационная производительность крана.

Определив на I этапе необходимые грузоподъемные характеристики монтажных кранов и выбрав по справочникам технически пригодные их типы и марки, далее на II этапе путем сравнения основных технико-экономических показателей выбирают наиболее экономичный вариант крана, который окончательно используют для монтажа строительных конструкций.

Выбор наиболее экономичного крана производится путем сравнения приведенных затрат для каждого варианта с учетом эксплуатационных расходов и себестоимости монтажных работ.

Себестоимость монтажных работ определяют по формуле

$$C = \mathcal{E}_p / V,$$

где  $\mathcal{E}_p$  - эксплуатационные расходы на монтаж здания, сооружения или прокладку трубопровода, руб.;  $V$  - объем монтажных работ, м<sup>3</sup> конструкций.

Эксплуатационные работы равны

$$\mathcal{E}_p = nC_{м-см} + 3p + H_p,$$

где  $n$  - число смен работы крана на объекте (здании, сооружении или трубопроводе);  $C_{м-см}$  - стоимость машино-смены крана, руб./смену;  $3p$  - заработная плата рабочих, включая машинистов, руб.;  $H_p$  - накладные расходы (принимаются в размере 10 - 15% от общей суммы всех других затрат).

Определив  $\mathcal{E}_p$  и зная объем монтажных работ, уточняют их себестоимость  $C$  руб. для каждого варианта и по минимальному значению определяют наиболее экономичный вариант крана.

#### 6.4. Грузозахватные приспособления

Для подъема строительных конструкций используют различные грузозахватные приспособления из гибких стальных канатов или в виде различных систем траверс, а также механических и вакуумных захватов.

Грузозахватные приспособления должны обеспечивать простую и удобную строповку и расстроповку элементов (труб), надежность зацепле-

ния или захвата, исключаящую возможность отцепления и падения груза. Такие приспособления должны быть испытаны пробной статической или динамической нагрузкой, превышающей их паспортную грузоподъемность.

Для строповки элементов часто используют монтажные петли, закладываемые в них при их изготовлении. Однако иа петли, которые затем при эксплуатации зданий и сооружений практически не иужны, расходуется большое количество арматурной стали, да и процесс строповки затруднен, так как при расстроповке требуется непосредственный доступ к петлям монтажников (для извлечения крюка из петли). Учитывая это в последние годы все большее распространение получает так называемый безпетлевой монтаж, при котором с помощью различного вида захватов конструкции поднимают за счет фрикционного зацепления, зажима или подхвата за выступающие части.

Основные виды применяемых грузозахватных приспособлений представлены на рис. 6.4.

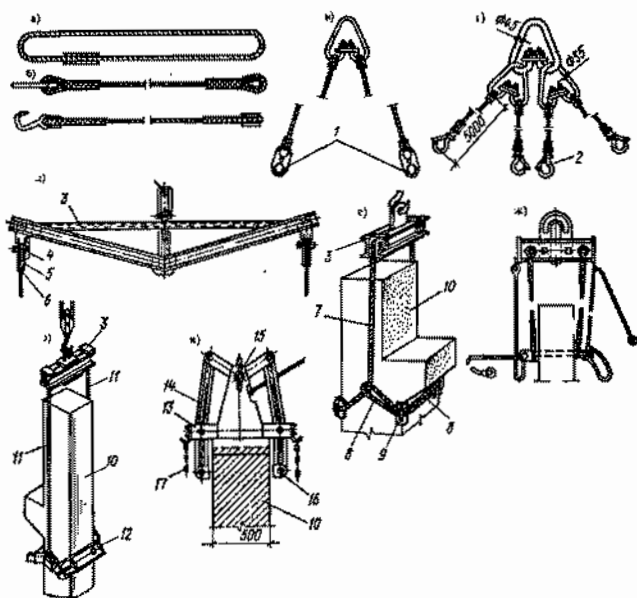


Рис. 6.4. Грузозахватные монтажные приспособления: 1 - карабины; 2 - крюки; 3 - траверса; 4 - кабель; 5 - электрозахват; 6 - коуш; 7 - облегченный строп; 9 - подкладки; 10 - колонна; 11 - подвеска; 12 - щеки захвата; 13 - рама; 14 - рычаг; 15 - подвижный вал; 16 - прижимные башмаки; 17 - предохранительные цепи

Стропы могут быть универсальными и облегченными (рис. 6.4, а, б), по технологическому назначению – одно-, двух-, четырех- (рис. 6.4, в, г) и шестиветвевыми. Непосредственно за петли и строповочные отверстия захват конструкций производят одно- и многоветвевыми

стропами, а также различными траверсами с помощью специальных захватных устройств на концах – крюков, петель, карабинов и скоб. Применяемые для подъема больших размеров конструкций (рис. 6.4, д), а также предварительно укрупненных плоских и пространственных блоков траверсы (рис. 6.4, е) изготавливают из стальных труб или прокатных профилей с подвешенными к ним стропами. Траверсы позволяют осуществлять захват элементов в нескольких точках, что уменьшает или исключает сжимающие усилия, возникающие при их подъеме наклонными стропами. Для подъема колонн и стеновых блоков применяют штыревые (рис. 6.4, ж), фрикционные (рис. 6.4, з) и рычажные (рис. 6.4, и) захваты.

### 6.5. Состав и структура процесса монтажа

В состав комплексного технологического процесса монтажа строительных конструкций входит совокупность всех процессов и операций, в результате выполнения которых получают каркас, часть здания или сооружения или сами здания и сооружения. Они позволяют получить готовую строительную продукцию, и сами эти процессы подразделяют на: транспортные, подготовительные и собственно монтажные.

**К транспортным процессам** относятся доставка, разгрузка, складирование и приемка сборных конструкций. Причем при их складировании проверяют качество элементов, их размеры, маркировку и комплектность.

**Подготовительные процессы** включают укрупнительную сборку, временное (монтажное) усиление конструкций, обустройство и подачу конструкций в виде монтажной единицы на монтаж.

**Собственно монтажные процессы** включают строповку (захват), подъем (перемещение), наводку, ориентирование и установку конструкции в проектное положение с временным креплением, расстроповку, выверку, окончательное закрепление конструкции и снятие временных креплений.

Указанная структура процесса монтажа строительных конструкций в основном справедлива для всех случаев монтажа зданий и сооружений, однако, при монтаже некоторых из них структура эта может быть уточнена в сторону увеличения или уменьшения подлежащих выполнению отдельных операций и процессов.



## Глава 7. ПРОЦЕССЫ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

### 7.1. Штукатурные работы.

В водопроводно-канализационном строительстве отделочные работы (штукатурные, малярные и облицовочные) осуществляют при отделке наружных фасадов и внутренних помещений зданий водоочистных и насосных станций, водозаборов и др.

**Назначение и виды штукатурных работ.** Оштукатуривание поверхностей является одним из самых распространенных видов отделки зданий. Наносимый раствор после затвердения образует твердый слой (штукатурку), основное назначение которого улучшать архитектурно-гигиенические качества зданий и сооружений. К штукатурным работам относятся: подготовка поверхности, приготовление штукатурного раствора, его нанесение и разравнивание; накрывка, затирка и заглаживание поверхности штукатурки. В зависимости от назначения и выполняемых функций штукатурку подразделяют на обычную, декоративную и специальную.

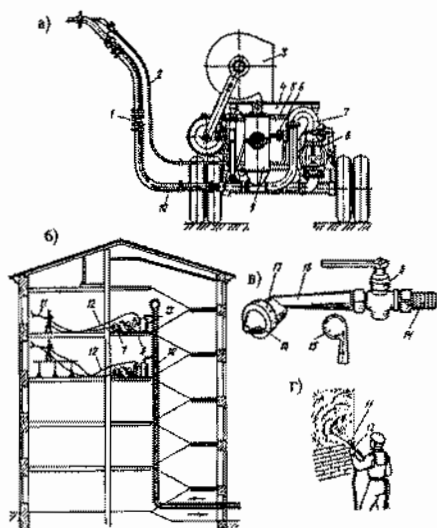
Обычная штукатурка предназначена для выравнивания поверхностей под окраску и защиты конструкций от воздействия окружающей среды, декоративная - для интерьеров и фасадов зданий, к которым предъявляются повышенные требования, а специальная - для защиты конструкций и помещений от влаги, высоких температур, кислот, щелочей и других вредных воздействий.

В водопроводно-канализационном строительстве применяют чаще обычную штукатурку и иногда специальную. Обычная штукатурка может быть однослойной и многослойной. Однослойную толщиной 10 мм наносят за один прием. Многослойная подразделяется на простую, улучшенную и высококачественную. Простая штукатурка устраивается из двух слоев: обрызга и грунта, улучшенная - из трех: обрызга, грунта и накрывочного слоя; высококачественная - из четырех слоев: обрызга, двух слоев грунта и накрывки. Средняя толщина штукатурного слоя при простой, улучшенной и высококачественной штукатурках не должна превышать соответственно 12, 15 и 20 мм. Обрызг толщиной 5 мм из более прочного раствора связывает штукатурку с поверхностью. Грунт служит для выравнивания поверхностей. Толщина каждого слоя грунта не должна превышать 7 мм при известковых и 5 мм - при цементных растворах. Накрывочным слоем (толщиной до 2 мм) окончательно выравнивают поверхность.

Оштукатуривание начинают после полной осадки стен и перегородок, установки и закрепления оконных и дверных блоков, заделки отверстий, установки средств крепления санитарно-технических устройств, выполнения всех видов проводок и других работ по подготовке поверхности. Все технологические операции при оштукатуривании необходимо выполнять только механизированным способом, а ручную - только в порядке исключения (в стесненных условиях, при небольших объемах работ).

**Оштукатуривание поверхностей вручную.** Штукатурный раствор наносят на подготовленную поверхность набрасыванием или намазыванием. Для нанесения и разравнивания раствора применяют специальные штукатурные инструменты – штукатурные лопатки, отрезовки, ковши, совки, совки-лопатки, соколы, полутерки, гладилки, рустовки и др. Раствор обрызга и первого слоя грунта всегда набрасывают, чаще всего ковшом или совком, а иногда лопаткой из ящика, для того чтобы он лучше проник во все шероховатости и прочнее сцепился с поверхностью. Второй и следующие слои грунта, а также накрывку набрасывают или намазывают. Раствор разравнивают с помощью сокола, полутерка или правила, а заглаживают гладилками.

**Механизированное нанесение растворов.** Для подачи раствора на этажи или на рабочее место штукатуров, а также его нанесения на поверхности используют растворонасосы и растворонагнетатели, а также специальные штукатурно-смесительные агрегаты (рис. 7.1, а). Раствор подают по инвентарным растворопроводам, которые могут быть однотрубными (тупиковыми и кольцевыми). В помещениях раствор для обрызга, грунта и накрывки наносят ровным слоем на оштукатуриваемые поверхности (рис. 7.1, б) с помощью форсунки (рис. 7.1, в). Разравнивают штукатурный слой, нанесенный по инвентарным маякам, правилом, а чаще всего малкой. Затирают поверхности специальными электрическими или пневматическими затирочными машинками.



**Рис. 7.1. Механизированные процессы нанесения штукатурных растворов:** а - штукатурно-смесительный агрегат; б - подача штукатурного раствора на этажи по растворопроводам; в - форсунка; г - нанесение раствора; 1 - ниппель; 2 - воздушный шланг; 3 - растворосмеситель; 4 - вибросито; 5 - бункер; 6 - кран; 7 - компрессор; 8 - растворонасос; 9 - ресивер; 10 - инвентарный растворопровод; 11 - форсунка; 12 - гибкий шланг; 13 - поэтажный бункер; 14 - штуцер; 15 - направление раствора в форсунке; 16 - сменный конус форсунки; 17 - гайка; 18 - патрубок

**Отделка листами сухой штукатурки** является индустриальным методом штукатурных работ и отвечает требованиям ускорения строительства. Ее применение допускается во всех помещениях, где влажность воздуха

не превышает 60%. При этом полностью отпадает необходимость сушки поверхностей, появляется возможность ведения отделочных работ скоростными методами при максимальном совмещении их с общестроительными.

Для сухой штукатурки применяют гипсовые, гипсоволокнистые и древесно-волоконистые листы шириной 1200 ... 1300 мм и длиной 2500 ... 3000 мм. Листы крепят к поверхности с помощью гипсоклеевой, пеногипсовой и других мастик. Перед креплением обшивочные листы иасухо устанавливают по стенам на рейки толщиной 10 ... 15 мм и выравнивают с помощью подкладок и клиньев, после чего их последовательно приклеивают на мастику или крепят гвоздями (шурупами). Штывки закрывают полоской марли и прошпаклевывают или закрывают деревянными или пластмассовыми рейками.

Качество сухой штукатурки во многом зависит от качества заделки швов между листами. Их лучше заделывать той же мастикой, которой наклеены листы, но можно также применять полумасляную шпатлевку. Для получения ровных и гладких швов их разделяют расшивками или шаблонами.

## 7.2. Малярные работы

**Назначение и виды малярных работ.** Окраска наружных поверхностей зданий и сооружений придает им законченный вид и предохраняет от вредных атмосферных воздействий, а внутренняя окраска, имея защитное и архитектурно-декоративное назначение, одновременно улучшает санитарно-гигиенические качества эксплуатируемых помещений. Для малярных работ применяют водные окрасочные составы (известковые, казеиновые, клеевые, силикатные) и безводные (масляные и синтетические). Виды малярных работ в основном определяют видом применяемых окрасочных составов.

**Состав работ при различных видах окраски.** Основными процессами при производстве малярных работ являются подготовка поверхности, ее грунтовка, шпатлевка и нанесение окрасочных составов. При подготовке поверхности ее очищают, выравнивают, заделывают трещины и т.п. Каменные и кирпичные поверхности очищают от следов раствора металлическими щетками, а оштукатуренные очищают и заглаживают торцом деревянного бруска или куском пемзы. Для выравнивания поверхности при улучшенной окраске ее шпатлюют, т.е. наносят на поверхность клеевой или масляный шпатлевочный состав. Для более равномерного распределения окрасочного состава (без пятен) окрашиваемые поверхности предварительно покрывают грунтовочным составом.

**Способы нанесения окрасочного слоя водными и неводными составами.** Для нанесения окрасочных составов используют кисти, валики, краскопульты с удочками (ручные и электрические), компрессорные окрасочные агрегаты с пистолетами-распылителями. В зависимости от высоты помещений окраску ведут с подмостей, малярных столбков или стремянок.

Известковое покрытие будет прочным, если известь успеет карбонизироваться, для чего требуется, чтобы окраска, нанесенная на поверхность, в течение некоторого времени сохраняла необходимую для карбонизации влагу. Поэтому известковыми составами лучше окрашивать слегка влажные поверхности. При окраске по новой штукатурке поверхности огрунтовывают, затем покрывают колером. Наносят известковый колер на поверхность удочкой с помощью краскопульта в один – три слоя, а в труднодоступных местах – вручную кистями.

При окраске клеевыми составами вначале стальными скребками очищают поверхности, сглаживают их, очищают от пыли пылесосом и наносят грунтовку. Клеевую окраску наносят на хорошо огрунтованную поверхность валиками и краскопультами. Более долговечными и прочными являются окраски казеиновыми и особенно силикатными составами, которые используют при отделке фасадов зданий и сооружений. Силикатная окраска обладает хорошей адгезией и на новые поверхности ее наносят без огрунтовки валиками, краскопультами и пневмораспылителями.

Окраски водоземulsionными поливинилацетатными составами выполняют за два раза валиками, пистолетами-распылителями или маховыми кистями.

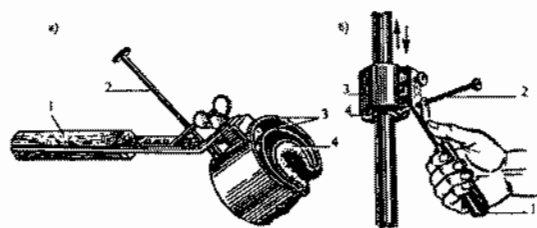


Рис. 7.2. Способы окраски труб: а - приспособление для окраски труб; б - процесс окраски труб; 1 - ручка; 2 - рычаг; 3 - полумуфта; 4 - поролон

Масляными составами окрашивают оштукатуренные и деревянные поверхности, приборы и трубы санитарно-технических устройств, стальные конструкции, оконные переплеты и дверные полотна. Масляную окраску при небольшом объеме работ наносят на огрунтованную поверхность не менее чем в два слоя кистями и ручными валиками, а при больших объемах – пневмоваликами и пневматическими окрасочными установками с пистолетами-распылителями. Способы и основные приемы окраски труб приведены на рис. 7.2, а, б.

### 7.3. Облицовочные работы

Облицовка – наиболее долговечный вид отделки. Она надежно защищает конструкции от воздействия окружающей среды и легко очищается от загрязнений. Облицовку в водопроводном строительстве применяют для отделки фасадов зданий насосных и водоочистных станций, водозаборов (наружная облицовка) и для отделки внутренних помещений этих зданий, осо-

бенно залов фильтров, озонаторных, насосных, хлораторных (внутренняя облицовка) и др. В зависимости от назначения облицовки и предъявляемых к ней требований ее выполняют из лицевого кирпича, керамических, полимерных, стеклянных плиток, древесно-волоконистых облицовочных плит, фанеры и других материалов. Последние виды облицовок (начиная с древесно-волоконистых плит) применяют в помещениях с производственной влажностью не более 60%. Облицовка может выполняться в процессе или после возведения конструкции, что зависит от материала.

Керамические плитки внутренней облицовки крепят к подготовленной поверхности на цементно-песчаном растворе, карбоксицементно-песчаной (КЦП) и полимерцементной (ПЦ) мастиках, а полистирольные плитки – на коллоидно-цементном клее (КЦК), канифольных, перхлорвиниловых, нитроэмалевых и др. Наружная облицовка всех видов выполняется на цементно-песчаных растворах.

Внутреннюю облицовку плитками выполняют по причалке или с помощью шаблонов. При этом работы начинают с разметки границ и рядов облицовки. Затем по углам будущей облицовки и внутри нее устанавливают маяки (маячные плитки), причем по отвесу и уровню с учетом требуемой толщины приклеиваемой прослойки. Далее по краям облицовываемого участка натягивают вертикальные и между ними горизонтальную причалки, по которым ведут облицовку. Крайние плитки каждого ряда устанавливают по вертикальным причалкам, остальные – по горизонтальным. Раствор или мастику наносят на очищенную тыльную поверхность плиток, прижимают к поверхности стены и осаживают в уровень с ранее установленными и причалкой. Выдавленный из-под плиток раствор или мастику удаляют, а швы дополняют обычным или декоративным составом. После схватывания швов облицовку очищают и протирают. Выполнение облицовочных работ с помощью шаблонов повышает производительность труда и качество облицовки. Шаблоны позволяют укладывать три или пять вертикальных ее рядов.

Наружную облицовку выполняют в основном по такой же технологии, как и внутреннюю. Швы ее должны быть водонепроницаемыми, так как в случае проникновения воды под облицовку и ее замерзания облицовка будет разрушена.

#### **7.4. Особенности производства отделочных работ в зимнее время**

В помещениях, где производят отделочные работы в зимнее время, температура воздуха должна быть не ниже +8°C и относительная влажность не выше 70%. Внутренние штукатурные и малярные работы в помещениях должны производиться при действующих постоянных системах отопления и вентиляции, либо необходимо устраивать на период отделочных работ временное отопление (преимущественно калориферного типа) и временную вентиляцию. Проготовление, транспортирование и хранение штукатурных

растворов должно быть таким, чтобы раствор в момент нанесения его на поверхность имел температуру не ниже 8<sup>0</sup>С. Наряду с отоплением помещений, предназначенных для выполнения отделочных работ в зимний период, должны быть своевременно обеспечены обогрев и сушка подлежащих отделке конструкций.

Наружные отделочные работы в зимних условиях выполняют с соблюдением следующих требований. При температуре ниже 5<sup>0</sup>С штукатурные работы ведут с применением растворов, содержащих химические добавки, понижающие температуру замерзания раствора.

Для окраски фасадов применяют перхлорвиниловые, цементно-перхлорвиниловые и другие виды морозоустойчивых окрасочных составов.

### **7.5. Требования к качеству отделочных работ**

Качество штукатурных, облицовочных и малярных работ должно удовлетворять требованиям СНиП. Слои штукатурки должны быть ровными, гладкими, без трещин. Допускается не более двух неровностей глубиной или высотой до 3 мм при накладывании правила длиной 2 м. Допускаемое отклонение поверхности стен от вертикали 1 мм на 1 м высоты и не более 10 мм на всю высоту. Облицовочные плитки и плиты должны быть без перекосов, отколов и других дефектов. При проверке облицованной поверхности двухметровой рейкой зазор не должен превышать 2 мм. Окрашенные поверхности должны быть однотонными, без пятен, полос, брызг, волосков от кисти.

## Глава 8. ПРОЦЕССЫ ЗАЩИТНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ И КРОВЕЛЬНЫХ РАБОТ

### 8.1. Назначение и виды защитных (изоляционных) и кровельных работ

Защитные покрытия – кровля, гидро- и пароизоляция, антикоррозионное покрытие, теплоизоляция – это такие элементы зданий и сооружений, которые предназначены для предохранения, т.е. защиты их от атмосферных осадков, проникновения в конструкцию пара и воды, воздействия на конструкцию агрессивной среды, промерзания или лишнего нагревания.

Изоляционные покрытия любых видов предназначены для защиты конструкций, а также зданий и сооружений от вредного (разрушающего) воздействия окружающей среды (1-я группа), создания необходимых условий для нормальной их эксплуатации (2-я группа). К первой относятся гидроизоляционные и антикоррозионные покрытия, а ко второй – тепло- и звукоизоляционные.

Для водопроводно-канализационных сооружений, эксплуатируемых в условиях водонасыщенной среды, большое значение имеют гидроизоляционные работы по устройству защиты конструкций от воздействия грунтовых вод и обеспечению их водонепроницаемости, а также по защите их от коррозии.

В зависимости от способа устройства и вида применяемых материалов гидроизоляцию подразделяют на окрасочную битумную и из полимерных материалов, оклеечную из рулонных и листовых материалов на битумной, дегтевой или полимерной основе, штукатурную цементную и асфальтовую, литую асфальтовую, сборно-листовую из металлических и полимерных листов. Гидроизоляционные покрытия устраивают со стороны действия гидростатического напора.

### 8.2. Защита арматуры и бетона от коррозии

Для предотвращения коррозии элементов зданий и сооружений применяют различные способы их защиты, основными из которых в условиях строительства являются: окраска (нанесение лакокрасочного покрытия), металлизация, гуммирование и гидрофобизация.

Антикоррозионные покрытия устраивают путем окраски битумными, химически стойкими лакокрасочными составами, эмульсиями резиновых смесей или пластмасс; оклейки листовыми и рулонными материалами; шпательки или штукатурки кислотоупорными замазками и растворами; облицовки (футеровки) плитками, кирпичом, блоками на химически стойком вяжущем; напыления пластических масс.

Окраску различными защитными составами применяют в основном для защиты от коррозии металлических конструкций. В качестве защитных

покрытий используют битумные жидкие растворы, краски, лаки, эмали на основе полиуретановых, эпоксидных, силикатных смол и др.

Защитное покрытие обычно состоит из грунтовки и покрывных слоев. Грунтовку наносят несколькими тонкими слоями, причем на очищенную и сухую поверхность. При ее нанесении нельзя оставлять пропуски покрытия, подтеки и другие дефекты.

Покровный слой, состоящий в свою очередь из нескольких слоев, наносят на подготовленную грунтовку. Количество слоев указывается в проекте и принимается в зависимости от назначения покрытия, технологического процесса нанесения, свойств защищаемого материала и условий эксплуатации покрытия.

Нанесение покрытия несколькими слоями сводит к минимуму возможность проникновения агрессивной среды через возможные поры одного или даже двух слоев. При многослойном нанесении покрытия каждый последующий слой наносят после полного высыхания или отверждения предыдущего.

Процесс окраски выполняют механизированным и ручным способами. Механизированный способ целесообразно использовать при больших площадях окрашивания, в этом случае применяют пневматические или механические распылители. Когда необходима окраска элементов малого сечения (например, решеток, продольных или поперечных связей и др.), предпочтительнее ручная окраска, так как при механизированной будут большие потери лакокрасочных материалов.

Металлизацию применяют для защиты металлических и закладных деталей железобетонных конструкций от коррозии. Для нанесения металлизационных покрытий используют цинковую или алюминиевую проволоку. Металлизацию осуществляют газопламенным напылением цинкового порошка или наплавлением расплава цинковой (или алюминиевой) проволоки.

Металлизация газопламенным напылением заключается в нанесении на защищаемые детали слоя цинка толщиной 0,1 – 0,5 мм при помощи специальной передвижной установки, включающей баллон с горючим газом, компрессор для подачи воздуха, питательный бачок и распылительные горелки. Покрытие наносят не позже трех дней после окончания сварочных работ на тщательно очищенные поверхности.

Перед нанесением покрытия поверхности сварного шва и около сварочной зоны закладных пластин разогревают до 320 – 350<sup>0</sup>С при помощи газовых горелок. Вслед за этим включают подачу порошка и напыляют цинковое покрытие в один слой. Устроенное таким образом покрытие прочно сцепляется с защищаемыми элементами конструкций. В процессе нанесения покрытия сопло горелки следует держать на расстоянии 80 – 120 мм от металлируемой поверхности, причем под углом 75 – 90<sup>0</sup> к ней. Покрытие, выполненное в построчных условиях, целесообразно дополнительно по-



крыть 2 – 3 слоями лакокрасочных материалов для получения комбинированного металлизационно-лакокрасочного покрытия. Такие комбинированные защитные покрытия обладают высокой стойкостью и долговечностью и их применяют для защиты стальных элементов от коррозии в агрессивных, в том числе в водных средах.

Металлизацию наплавлением расплава проволоки выполняют с помощью электрометаллизатора. Покрытие наносят в 2 – 4 слоя толщиной 0,1 – 0,2 мм.

**Гуммирование** – это процесс нанесения на поверхность сырой резины с последующей вулканизацией. На очищенную и обезвоженную поверхность наносят тонкий слой резинового клея, на который накладывают листовую или рулонную сырую резину и подвергают температурной обработке, т.е. вулканизации. При этом резина образует сплошное покрытие толщиной 2 – 4 мм. Гуммирование можно также выполнять другим способом, когда на поверхность наносят в несколько слоев раствор сырой резины в бензине. Каждый последующий слой наносят на просохший предыдущий, примерно через 40 – 60 мин. Затем покрытие вулканизируют.

**Гидрофобизация** – покрытие поверхности железобетонных и каменных конструкций водными растворами кремнийорганических соединений. После высыхания на обработанной поверхности образуется водонепроницаемая пленка, препятствующая проникновению воды и, следовательно, коррозии основных материалов. Данный раствор наносят кистями, валиками, краскопультами или другими средствами малой механизации. Такую обработку целесообразно периодически повторять через 3 – 5 лет.

### 8.3. Устройство различных видов гидроизоляции

Окрасочную гидроизоляцию применяют главным образом для защиты конструкций от капиллярной влаги. Ее устраивают путем равномерного нанесения на поверхность не менее чем в два слоя горячих или холодных битумных мастик или мастик на основе синтетических смол механизированным способом с помощью форсунок (рис. 8.1, а).

Оклеечную гидроизоляцию, используемую при гидростатическом напоре до 30 м, выполняют послойным наклеиванием на поверхность гнестойких рулонных или листовых материалов (гидронзол, изол, брнзол, стеклоткани, дегтебитумные и гидрокамовые материалы, поливинилхлорид, винилпласт, полиизобутилен, пленки из полиэтилена, полиамнда, фторопласта). Для их наклейки применяют мастики: битумные – для материалов на битумной основе, дегтевые – для дегтевых материалов, клеи на эпоксидной смоле – для полимерных материалов. На горизонтальные и наклонные до 25° поверхности рулонные материалы наклеивают по технологии устройства рулонных кровель с нахлесткой полотнищ в продольных и поперечных стыках на 100 мм с расположением стыков в разбежку. На вер-

тикальные и наклонные более чем на  $25^{\circ}$  поверхности такие материалы наклеивают снизу вверх участками (захватками) по 1 ... 2 м с притиркой деревянными шпателями.

При сопряжении горизонтального гидроизоляционного ковра с гидроизоляцией вертикальных поверхностей сооружения (резервуара) вокруг него устраивают временную стену высотой 1,2 ... 1,5 м (рис. 8.1. б). На нее послойно заводят и наклеивают все слои гидроизоляционного ковра, а затем, после возведения стен сооружения, указанную временную стенку разбирают, и освободившийся рулонный материал наклеивают на вертикальные поверхности стен.

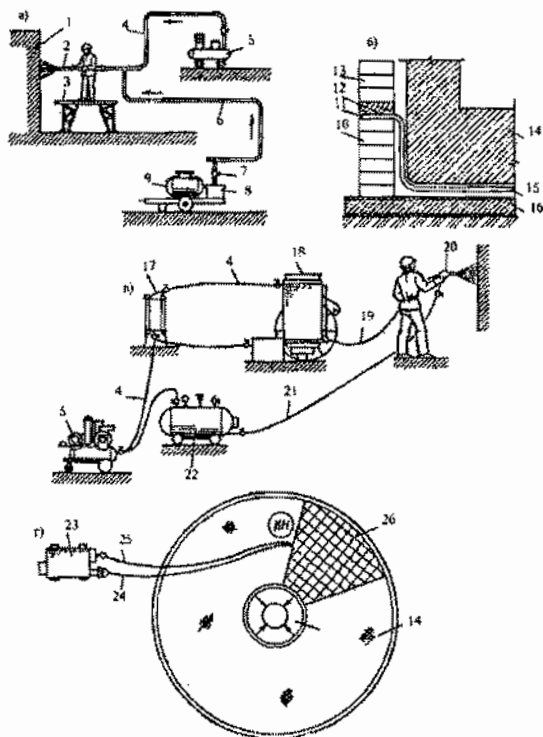


Рис. 8.1. Схема устройства различных видов гидроизоляции: а - окрасочной; б - деталь перехода с горизонтальной оклеечной гидроизоляции на вертикальную; в - цементно-песчаной; г - литой мастично-битумный при гидроизоляции дна радиального отстойника; 1 - изолируемая поверхность; 2 - форсунка; 3 - подмости; 4 - воздуховод; 5 - компрессор; 6 - мастикопровод; 7 - пробочный кран; 8 - насос; 9 - бак для эмульсии или холодной мастики; 10 - защитная стенка в 1/2 кирпича; 11 - слои горизонтального ковра; 12 - доска; 13 - разбираемая часть стенки; 14 - изолируемое сооружение (резервуар); 15 - защитный слой из цементно-песчаного раствора; 16 - бетонная подготовка; 17 - воздухоочиститель; 18 - цемент-пушка; 19 - материалный шланг; 20 - сопло; 21 - водяной шланг; 22 - бак с водой; 23 - передвижная кровельная установка ПКУ-35М; 24, 25 - шланги для подачи соответственно сжатого воздуха и мастики; 26 - готовый участок гидроизоляции; 27 - коническая часть дна отстойника

Штукатурную цементно-песчаную гидроизоляцию применяют для защиты жестких, трещиноустойчивых конструкций, причем ее устраивают после полной осадки сооружения. Для изоляции при этом применяют специальные растворы на водостойком безусадочном цементе (ВБЦ), водостойком расширяющемся цементе (ВРЦ) или портландцементе с уплотняющими и гидравлическими добавками. Перед устройством изоляции поверхность увлажняют, а бетонную поверхность, кроме того, насекают или обрабатывают пескоструйным аппаратом. Раствор наносят способом торкретирования с помощью цемент-пушки (рис. 8.1, в) или установки «Пневмобетон» отдельными слоями толщиной по 6 ... 10 мм. Количество слоев зависит от величины гидростатического напора. Каждый последующий слой наносят после затвердевания предыдущего, после обработки его сжатым воздухом и смачивания водой. В период твердения гидроизоляции ее предохраняют от механических повреждений и в течение двух недель увлажняют водой (2 ... 3 раза в сутки).

Штукатурную асфальтовую гидроизоляцию устраивают из горячих или холодных (эмульсионных) асфальтовых мастик и растворов путем их послойного нанесения с помощью асфальтометов, растворометов или растворонасосов. На горизонтальные поверхности изоляцию наносят захватками длиной до 20 м и шириной 2 ... 2,5 м слоями толщиной 7 ... 10 мм, а на вертикальные – снизу вверх ярусами 1,4 ... 1,8 м слоями по 5 ... 7 мм. Каждый слой наносят после остывания предыдущего с сопряжением ярусов и захваток в каждом слое внахлестку на 200 мм.

Литую асфальтовую гидроизоляцию выполняют из горячих асфальтовых мастик, растворов и асфальтополимерных смесей путем их разлива и разравнивания по горизонтальной поверхности или путем залива в зазор между специальной опалубкой и вертикальной поверхностью.

Сборно - листовую гидроизоляцию делают в виде сплошного покрытия из стальных или пластмассовых листов. Металлическую гидроизоляцию применяют редко, в особо ответственных сооружениях; выполняют ее из стальных листов на сварке. Пластмассовые (винилпластовые) покрытия используют главным образом для защиты сооружений от агрессивных вод. Листы винилпласта крепят к изолируемой поверхности с помощью клея ПХ, а между собой – на сварке.

**Антикоррозионные покрытия** наносят на предварительно очищенную поверхность, выравнивают и высушивают. На металлических поверхностях устраняют задиры и наплывы металла, зачищают сварочные швы, удаляют окислы и обезжиривают растворителями. Антикоррозионные окрасочные покрытия из химических лаков, красок и эмалей выполняют путем последовательного нанесения на поверхность грунтового, шпаклевочного и окрасочных слоев с сушкой каждого из них. Грунтовки и краски наносят распылением или кистями. Облицовочные и футеровочные покрытия из плит, кирпича, блоков выполняют теми же тех-

биологическими присамами, что и при облицовочных и каменных работах. Высокую плотность таких защитных покрытий обеспечивают путем тщательной перевязки и заделки швов. Металлизационные покрытия устраивают путем послойного напыления расплавленного цинка специальными аппаратами.

#### 8.4. Гидроизоляция сооружений водопровода и канализации

С внутренней стороны гидроизоляцию стен и днища резервуаров и других емкостных сооружений выполняют в основном путем торкретирования и железнения поверхностей цементно-песчаным раствором. Изолируемые бетонные поверхности вначале очищают, а в случае недостаточной шероховатости насаждают или обрабатывают пескоструйным аппаратом с последующей промывкой напорной струей воды. Торкретирование ведут с помощью цемент-пушки. Покрытие наносят на увлажненную поверхность слоями 6 ... 10 мм. Количество слоев устанавливается проектом. Торкретное покрытие наносят сначала на стены, затем на днище. Поверхность торкретного покрытия, как правило, не затирают. При необходимости получения гладкой поверхности (в резервуарах чистой воды) наносят дополнительный отделочный слой толщиной 3 ... 5 мм из раствора на мелком песке с затиркой поверхности металлическими штукатурными гладилками, т.е. выполняют операцию «железнения» поверхности.

Канализационные очистные сооружения емкостного типа (радиальные отстойники первичные и вторичные, аэротенки и др.) в процессе эксплуатации подвергаются сложным и опасным физическим и химическим воздействиям агрессивных компонентов сточных вод и реагентов, а также механическим воздействиям от технологического оборудования, что приводит к повреждению железобетонных ограждающих конструкций.

Сточные воды по своему составу содержат минеральные, органические и биологические компоненты. Особенно сильное и агрессивное воздействие на бетон ограждающих конструкций таких сооружений оказывают содержащиеся в производственных сточных водах минеральные и органические кислоты.

Специфика сточных вод, как агрессивной среды, заключается в том, что кроме минеральных и органических веществ они содержат биологические компоненты (бактерии, грибы, водоросли), продуктами жизнедеятельности которых являются минеральные и органические кислоты, представляющие особую опасность для железобетонных конструкций. Известно, что микроорганизмы способны проникать в них на глубину нескольких миллиметров.

Недооценка указанных факторов в коррозии бетона на стадии проектирования, строительства и ремонта очистных сооружений приводит к тому, что после 7 – 10 лет эксплуатации бетон их ограждающих конструкций в зонах периодического смачивания и подводной имеет существенные повреж-

дения поверхностного слоя. Повреждения приводят к потере прочности защитного слоя на 10 – 40%, обнажению арматуры, ее коррозии и увеличению водопрооницаемости сооружений.

Обычно ремонт железобетонных конструкций очистных сооружений осуществляют нанесением (после расчистки поврежденного слоя стен и дна) дополнительного или заменой изношенного защитного слоя бетона методом торкретирования, т.е. соплованием жесткой мелкозернистой бетонной смеси (с достаточно большой скоростью) на поврежденную часть конструкции, в результате чего образуется прочное сцепление нового и старого бетона.

Снаружи гидроизоляцию стен и покрытия резервуаров, коллекторов, тоннелей и камер выполняют после гидравлического испытания; если сделать ее до испытания, то затруднится не только обнаружение дефектов (течей) в ограждающих конструкциях, но и последующее их устранение (заделка). Наружнюю гидроизоляцию сооружений на основе битумных материалов выполняют окрасочной и оклеечной. Применяют также иногда окрасочную гидроизоляцию. Процесс нанесения битумной мастичной гидроизоляции дна радиального отстойника с помощью передвижной кровельной установки ПКУ-35М показан на рис. 8.1, г. Битум разогревают в котле до 160 – 180°C, одновременно форсункой со шлангом сжатым воздухом очищают основание. Мاستику наносят на основание форсункой с высоты 0,8 ... 1,2 м от поверхности.

При устройстве оклеечной гидроизоляции бетонные поверхности сооружений выравнивают, а прямые и острые углы между смежными изолируемыми поверхностями притупляют или закругляют. На вертикальные, наклонные и сводчатые поверхности полотнища наклеивают сверху вниз, предварительно нанеся мастику на бетонную поверхность и на рулонный материал. В углах и на перегибах гидроизоляцию усиливают наклейкой дополнительного слоя рулонного материала. Особенно тщательно выполняют наклейку слоев в местах расположения закладных металлических частей и деформационных швов. Кромки наклеенных рулонов прошпаклевывают и приглаживают. Проверив плотность наклейки, наносят отделочный слой горячей мастики толщиной 1 ... 1,5 мм. Устройство оклеечной гидроизоляции особенно в несколько слоев, весьма трудоемко, поскольку при этом основные операции выполняют вручную. Более перспективной является гидроизоляция емкостных сооружений, коллекторов и тоннелей ребристой полиэтиленовой пленкой, изготавливаемой способом экструзии. Пленка крепится к горизонтальным, наклонным и вертикальным поверхностям не путем ее приклеивания, а за счет анкеровки в бетоне ее ребристых утолщений при бетонировании конструкций.

Для защиты от коррозии навитой на стены круглых резервуаров и других емкостных сооружений (радиальные отстойники, метантенки и т.п.) предварительно напряженной арматуры поверх нее также устраивают торкретное покрытие.

## 8.5. Тепловая изоляция трубопроводов и сооружений

В зависимости от расположения и условий эксплуатации сооружений тепловую изоляцию устраивают внутри или снаружи их. По составу теплоизоляционного слоя различают простые покрытия, состоящие из одного основного теплоизоляционного материала, и композиционные — из нескольких. Все теплоизоляционные покрытия состоят из основного теплоизоляционного слоя (простого или композиционного), деталей крепления и кровельного защитного слоя. Теплоизоляционный слой, защищающий здания, сооружения и трубопроводы от холода (или потерь тепла), выполняют из материалов, обладающих низкой теплопроводностью (асбест, минеральная и стеклянная вата, диатомит, керамзит, пеностекло, пено- и газобетон, пробковые и древесноволокнистые изделия и др.). Защитные покрытия делают из рулонных битумных материалов, металлических листов, синтетических пленок, стеклопластиков, лакокрасочных материалов, штукатурных растворов, бетонов и др. По способу и технологии устройства теплоизоляционные покрытия подразделяют на мастичные, литые, из рулонных материалов, сборно-блочные и др.

**Мастичную теплоизоляцию** устраивают путем нанесения вручную или пневмонагнетателями на изолируемые поверхности мастик, приготовленных из порошкообразных и волокнистых (асбест, асбозурит и др.) материалов. Первый слой мастики толщиной до 5 мм наносят набрызгом непосредственно на изолируемую поверхность, а последующие слои во избежание сквозных трещин наносят после высыхания предыдущего. **Литую теплоизоляцию** выполняют из пено- и газобетона или битумоперлита, укладываемых в переставную опалубку. Такую изоляцию делают также методом торкретирования (по сетке). **Обволакивающую теплоизоляцию** устраивают из рулонных материалов — минераловатных, стекловатных, асбестовых и др. Их укладывают и закрепляют шпильками. Для повышения прочности изоляцию армируют металлической сеткой, а сверху штукатурят и окрашивают. **Сборно-блочную теплоизоляцию**, наиболее индустриальную, монтируют из готовых сборных теплоизоляционных изделий заводского изготовления в виде плит, блоков, кирпича, скорлуп (полуцилиндров) и сегментов. После установки их и заделки швов устраивают пароизоляцию с последующим оштукатуриванием по сетке.

Для снижения тепловых потерь трубопроводов водоснабжения и канализации при надземной прокладке, особенно в районах вечной мерзлоты, наряду с устройством кольцевой теплоизоляции их прокладывают у поверхности земли (в слое снежного покрова), обеспечивая оптимальные величины скоростей движения воды в трубопроводе, или сводят к минимуму участки без тепловой изоляции с повышенными теплопотерями (фланцы, арматуру, сальниковые компенсаторы, крепления трубопровода). При подземной канальной прокладке снижение теплопотерь обеспечивают покрытием труб

кольцевой изоляцией и регулированием системы естественной вентиляции. Величину термического сопротивления изоляции и ее конструкцию выбирают на основании технико-экономических расчетов.

### 8.6. Кровельные работы

Кровли бывают рулонные, устраиваемые из рулонных материалов (рубероида, в том числе наплавляемого, толя, пергамина, стеклорубероида), мастичные – из нескольких слоев битумных эмульсионных мастик, армированных стеклохолстом или стеклосеткой, асбестоцементные – из волокнистых асбестоцементных листов и плоских плиток и др. При строительстве объектов водоснабжения и канализации применяют рулонные, мастичные и асбестоцементные кровли.

**Устройство кровли из рулонных материалов.** Основанием таких кровель служат несущие монолитные или сборные покрытия, цементно-песчаные или асфальтобетонные стяжки, устраиваемые поверх теплоизоляционного слоя, или сплошной деревянный настил. Количество слоев рулонных материалов в кровле зависит от вида материала и уклона крыши. Так, при уклоне 10 ... 25% кровли делают из двух или трех слоев, 2,5 ... 10% – из трех, а при уклоне до 2,5% – из четырех и даже пяти. Причем в последнем случае применяют только биостойкие рулонные материалы – толь, рубероид с антисептированной основой, гидронзол, стеклорубероид и др., а в битумные мастики добавляют антисептики.

Полотнища рулонных материалов при уклоне кровли до 15% раскладывают и наклеивают перпендикулярно стоку воды, а при уклоне более 15% – параллельно ему. Перед наклейкой рулонные материалы выправляют во избежание образования волн и складок. Рулонные битумные материалы (рубероид, пергамин, нзол, гидронзол и др.) наклеивают на битумных мастиках, дегтевые (толь, и др.) – на дегтевых. Покровные материалы (с минеральной посыпкой) наклеивают как на горячих, так и на холодных мастиках, а беспокровные – только на горячих.

Кровлю устраивают отдельными захватками. Наклеивая рулонные материалы в направлении от свесов к коньку при уклонах до 15% и от конька к свесам – при уклонах более 15%. Материалы наклеивают внахлестку в продольном и поперечном направлениях (70 ... 100 мм) с разбежкой стыков в смежных слоях (стыки по вертикали не должны совпадать). Процесс наклеивания включает нанесение на основание (или под нижележащий слой рулонного материала) слоя мастики толщиной до 2 мм, раскатывание полотнища, приклеивание его и прикатывание катком. При значительных объемах кровельных работ на крышах с уклоном до 15% наклеивание рулонных материалов осуществляется с помощью специальных наклеечных машин, которые наносят мастику, разматывают, укладывают и прикатывают материал.

Наклейка наплавляемого рубероида облегчается тем, что такой рубероид имеет нанесенный в заводских условиях слой мастики. Перематывать

его перед наклейкой не требуется. В процессе его наклейки подплавляют мастичный слой с помощью подогревающих агрегатов.

При эксплуатации рулонные кровли через некоторое время повреждаются и приходят в негодность. Главной причиной разрушения таких кровель является старение битума, содержащегося в верхних слоях водоизоляционного ковра. Это происходит из-за воздействия на кровлю солнечной радиации, тепла и влаги, атмосферных осадков. В результате происходят усадка и растрескивание поверхностного (покровного) слоя рулонных материалов. Применяемые до последнего времени способы ремонта и восстановления кровель были связаны с необходимостью полной замены поврежденных слоев водоизоляционного ковра новыми, т.е. с необходимостью применения большого количества новых кровельных материалов. Причем материалы поврежденных слоев полностью выбрасывались и повторного применения не находили. Все это делало такой ремонт кровли весьма дорогостоящим, материалоемким и трудоемким.

Учитывая эти существенные недостатки традиционных способов восстановления водонепроницаемости рулонных кровель, специалисты Ростовского НИИ Академии коммунального хозяйства (АКХ) и Ростовского государственного строительного университета предложили новый способ, включая технологию и комплект оборудования, экономичного и качественного ремонта рулонных кровель. Он основан на использовании возможности регенерации битумных материалов кровли при их разогреве до определенной температуры и обработки поверхности омолаживающим составом. Экспериментально установлено, что после тепловой обработки при температуре 180 – 240<sup>0</sup>С в течение 5 – 14 мин физико-механические свойства битумных кровельных материалов существенно улучшаются: водонепроницаемость рубероида повышается на 5 – 15%, а прочность сцепления крупнозернистой посыпки с покрывным слоем – на 10 – 20%, водопоглощение рубероида уменьшается на 5 – 10%. Обработка поверхности кровли омолаживающим составом на основе битумной эмульсии увеличивает долговечность кровли до 8 лет.

При использовании предложенной новой технологии битум вследствие тепловой обработки кровли размягчается и, растекаясь по поверхности выравнивающей стяжки или между слоями кровельного картона, заполняет пустоты, трещины и поры; часть его впитывается в кровельный картон. Под действием приложенной нагрузки (давления) от катка происходит склейка, а также сварка кровельных материалов. В результате даже кровли, имевшие значительные повреждения (сквозные трещины, свищи раковины и т.п.), полностью восстанавливаются и практически приобретают свойства новой кровли.

Для термомеханической обработки рулонной кровли Ростовским НИИ АКХ разработан комплект специального переносного и сравнительно недорогого оборудования (рис. 8.2). В него входят переносные гибкие по-



верхностные электронагреватели (ГПЭН) с температурой разогретой рабочей поверхности до  $240^{\circ}\text{C}$  (2 шт.), весом 9 кг каждый, специальное прикаточное устройство (каток) с двумя валиками, обеспечивающее давление прикатки до 0,5 МПа весом 53 кг, а также понижающий трансформатор весом 45 кг. В состав ГПЭН входит токопроводящая углеграфитовая ткань площадью по  $1\text{ м}^2$  в каждый. Основные технологические характеристики оборудования следующие: расход электроэнергии на  $1\text{ м}^2$  кровли – не более 1,0 кВт·ч; потребляемая мощность – не более 8 кВт; производительность – до  $100\text{ м}^2$  восстановленной кровли в смену; общая масса оборудования 135 кг; обслуживающий персонал – 2 чел.; продолжительность цикла ремонта – 8 – 25 мин.

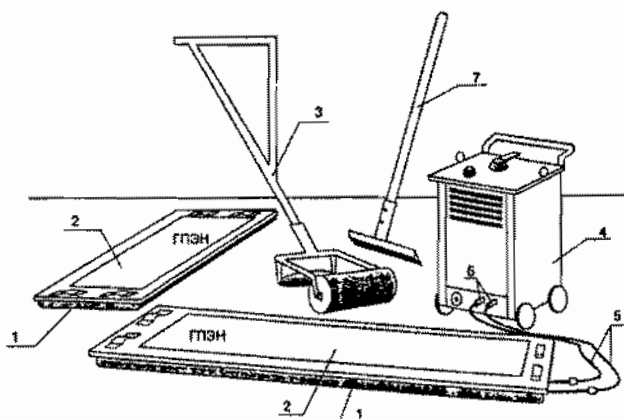


Рис. 8.2. Комплект оборудования для восстановления рулонных кровель способом регенерации битумных материалов: 1 - гибкие переносные электронагреватели (ГПЭН); 2 - утеплитель; 3 - прикаточное устройство (каток); 4 - понижающий трансформатор; 5 - провода соединительные гибкие; 6 - магистральная вставка; 7 - гребок для разравнивания битумной мастики

Применение описанной технологии и оборудования позволяет сократить себестоимость работ в 6 раз и трудозатраты – в 2 – 3 раза, обеспечить безопасные условия труда для кровельщиков и возможность ремонта кровель в любое время года, в том числе и зимой.

**Мастичные кровли** в последние годы получают все более широкое применение наряду с рулонными. Их устраивают из мастек и эмульсий, причем для неармированных кровель применяют битумно-полимерные эмульсии, битумно-латексные и полимерные мастики (на основе полиизобутилена, резинового клея и др.) Кровли, армированные рубленым стекловолокном, устраивают из эмульсии ЭГИК, мастики БЛК и холодно-резиновой мастики. Эмульсию при неармированной кровле наносят в три слоя общей толщиной 3 .. 4 мм с помощью трехоплового пистолета-распылителя, а при армированной кровле – с помощью специального пистолета-распылителя, обеспечивающего смешивание рубленого стекловолокна и мастики (эмульсии) при нанесении на поверхность. При многослойной кровле каждый последующий слой наносят после высыхания предыдущего.

**Асбестоцементные кровли** устраивают из волнистых листов обыкновенного профиля (ВО), усиленного (ВУ) и унифицированного (УВ), а также из плоских плиток. Листы обыкновенного профиля укладывают на разрезанный деревянный настил (обрешетку), а усиленного и унифицированного профиля – на прогоны по стропильным фермам. Листы укладывают снизу вверх (от свеса кровли к коньку) с напуском каждого ряда на нижерасположенный на 120 ... 200 мм, а смежные листы перекрывают на одну волну. Волнистые листы обыкновенного профиля крепят к деревянной обрешетке нержавеющими шиферными гвоздями или шурупами с мягкими шайбами. Листы усиленного профиля к железобетонным прогонам крепят с помощью оцинкованных крюков с гайками.

### **8.7. Особенности производства изоляционных и кровельных работ в зимнее время**

При устройстве гидроизоляционных покрытий зимой, особенно из холодных асфальтовых мастик, необходимо обеспечить условия для нормального твердения покрытия. С этой целью мастики подогревают до 70 ... 80°C, предохраняют их от охлаждения и искусственно ускоряют высыхание нанесенного слоя. В помещениях, где производят изоляционные работы, необходимо поддерживать температуру не ниже 10 ... 15°C, а при защите конструкций лакокрасочными составами (кроме перхлорвиниловых) – не ниже 18 ... 20°C. При больших объемах изоляционных работ в мастику вводят химические добавки – ускорители твердения. Антикоррозионные работы проводят только при положительных температурах; не допуская замораживания покрытий до их полного просыхания. Материалы для приготовления антикоррозионных составов, а также защищаемые поверхности подогревают. Футеровать, облицовывать, красить или оклеивать промерзшие поверхности запрещается. При выполнении теплоизоляционных работ мастики и растворы заготавливают в отапливаемых помещениях. Мастичную теплоизоляцию наносят на горячие поверхности при температуре наружного воздуха +15°C.

Рулонные кровли не допускается устраивать при температуре наружного воздуха ниже - 2°. Наклеивать рулонные материалы на основание и их приклеивать можно только после отогревания его до положительной температуры, очистки от снега и льда, а также его просушивания. Сами рулонные материалы перед укладкой также отогревают. Стяжку устраивают из асфальтобетона и наклеивают только один слой рулонного материала с защитной его мастикой. После наступления положительных температур слой рулонного покрытия ремонтируют и наклеивают остальные слои гидроизоляционного ковра.

В зимних условиях для рулонных кровель и наклеенных гидроизоляционных покрытий целесообразно применять наплавляемый рубероид.

## РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

### ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ

#### Глава 9. СТРОИТЕЛЬСТВО НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

##### 9.1. Виды прокладки трубопроводов

При устройстве современных систем водоснабжения и водоотведения прокладывают напорные и безнапорные (самотечные) трубопроводы из различных видов труб.

**Расположение трубопроводов в плане** в целях экономии труб должно быть оптимальным. По возможности их необходимо прокладывать по кратчайшему направлению при минимальном количестве искусственных сооружений (переходов, дюкеров), с тем, чтобы трубопроводы было легче эксплуатировать и ремонтировать. При прокладке подземных водоводов и сетей необходимо соблюдать установленные минимальные расстояния как между ними (при параллельной укладке), так и до других подземных и надземных сооружений и коммуникаций.

**Расположение трубопроводов в профиле и виды их прокладки.** Расположение трубопроводов в профиле, т.е. по высоте или глубине, зависит от принятого вида их прокладки – открытого, скрытого или закрытого. Открытым способом трубы укладывают по существующим или специально возводимым конструкциям (стенам, опорам, эстакадам) или в проходных и в полупроходных каналах и коллекторах. Доступ для осмотра таких труб возможен как в процессе прокладки, так и их эксплуатации. Скрытая прокладка труб осуществляется в траншеях и непроходных каналах. Доступ к трубам возможен только в период строительства, а при эксплуатации – после разрытия грунта или вскрытия конструкций каналов. Закрытым способом трубы укладывают без разработки грунта – прокалыванием, продавливанием, горизонтальным бурением, щитовой или штольневой проходкой (см. гл. 12).

**Технология строительства трубопроводов** во многом зависит от их назначения и вида прокладки, от материала труб, их длины, диаметра, толщины стенок, наличия и вида изоляции, а также от обеспеченности строительства монтажными элементами (трубными секциями, плетями) и др. Особенности монтажа трубопроводов состоят в том, что их монтируют из отдельных элементов (труб) сравнительно небольшой длины, в связи с чем приходится устраивать большое количество стыков (от 60 до 500 на 1 км трубопровода), что увеличивает трудоемкость и стоимость работ. Для снижения этих показателей осуществляют предварительное укрупнение труб в отдельные изолированные звенья или секции из двух, трех и

большого числа труб. При этом трудоемкость монтажных работ сокращается в 2 ... 4 раза. Монтаж трубопроводов сопряжен с необходимостью соединения труб или их секций в непрерывную нитку. Соединения труб бывают: сварные, клеевые, раструбные, фланцевые и муфтовые. Сваркой соединяют стальные, пластмассовые и стеклянные трубы, обеспечивая высокопрочные, плотные и жесткие стыки. Пластмассовые и стеклянные трубы соединяют также склеиванием. Раструбные соединения применяют для чугунных, керамических, железобетонных и пластмассовых труб. На фланцах (надвижных или приваренных) болтами соединяют различные трубы с прокладкой между фланцами резины, паронита и др. На муфтах соединяют металлические и неметаллические трубы. Общим недостатком устройства раструбных, фланцевых и муфтовых соединений является их высокая трудоемкость при больших затратах ручного труда.

Процесс прокладки трубопроводов заключается в установке и сборке на трассе монтажных узлов – труб (или их секций, плетей), фасонных частей, компенсаторов и арматуры – в проектное положение. При этом чем крупнее монтажный узел, тем меньше монтажных стыков и легче сборка трубопровода. Узлы комплектуют и испытывают на трубозаготовительных заводах или базах, где их покрывают изоляцией или окрашивают. Для облегчения заготовительных и монтажно-укладочных процессов монтажные элементы (узлы) унифицируют и типизируют с соответствующей маркировкой. Индустриальная технология прокладки трубопроводов заключается в централизованной заготовке монтажных элементов и узлов, доставке их в готовом виде на трассу, предварительной подготовке оснований и опорных конструкций к укладке и поточной сборке трубопроводов. Причем независимо от назначения трубопроводов ведущим процессом при их устройстве является укладка (монтаж) и соединение труб или их секций (плетей) в непрерывную нитку.

## **9.2. Подготовка траншей. Устройство естественных и искусственных оснований под трубопроводы**

Перед укладкой трубопровода проверяют глубину и уклоны дна траншеи, а также крутизну откосов. Если траншея устроена с креплениями, то проверяют правильность их установки, обращая особое внимание на плотность прилегания щитов к стенкам траншей.

Необходимым условием для надежной эксплуатации трубопровода является его укладка на проектную отметку с обеспечением плотного опирания на дно траншеи по всей длине, а также сохранность труб и их изоляции при укладке. Поэтому подготовке траншей к укладке труб следует уделять особое внимание. При прокладке трубопроводов в городских условиях траншею часто пересекают действующие подземные коммуникации (трубопроводы, кабели). Если они находятся ниже строящегося трубопровода, то это не осложняет его прокладку, а если выше, то необходимо прини-

мать меры по заключению их в специальные короба с надежным креплением. Приямки в траншеях для заделки раструбных и муфтовых стыковых соединений, а также сварки неповоротных стыков стальных труб отрываю для труб диаметром до 300 мм непосредственно перед их укладкой, а для труб больших диаметров – за 1 ... 2 дня до их укладки.

Трубопроводы в системах водоснабжения и водоотведения укладывают на естественное или искусственное основание. Тип основания выбирают в зависимости от гидрогеологических условий, размеров и материала укладываемых труб, конструкции стыковых соединений, глубины укладки, транспортных нагрузок и местных условий.

При естественном основании трубы укладывают непосредственно на грунт ненарушенной структуры, обеспечивая поперечный и продольный профиль основания по проекту; при этом трубы по всей длине должны плотно прилегать к основанию. Во избежании недопустимых просадок прочность основания должна быть достаточной для уравнивания активных сил, т.е. внешних нагрузок, действующих на трубу.

При несущей способности грунтов оснований менее 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) необходимо устраивать искусственные основания – бетонные или железобетонные, сборные ленточные, свайные. Для увеличения плотности грунтов оснований широко применяют метод уплотнения.

Несущая способность труб в значительной мере зависит от характера опирания их на основание. Так, трубы, уложенные в грунтовое ложе с углом охвата 120°, выдерживают нагрузку на 30 – 40% большую, чем трубы, уложенные на плоское основание. При укладке труб на искусственное бетонное основание с углом охвата 120° несущая способность труб повышается в 1,7 раза и более по сравнению с укладкой на плоское грунтовое основание.

Кроме того, величина угла охвата для одних и тех же условий оказывает влияние на несущую способность труб. Например, при укладке железобетонных труб больших диаметров (2, - 3,5 м) на сборные ленточные железобетонные основания несущая способность трубы изменяется в зависимости от центрального угла опирания трубы:

Угол опирания, град.	0	30	60	90	120	150	180
Увеличение несущей способности, раз	1	1,1	1,21	1,32	1,41	1,47	1,5

Как видно из этих данных, увеличение угла опирания трубы более 120° является нецелесообразным, так как несущая способность трубы изменяется очень незначительно, а затраты на подготовку основания весьма существенны. Это относится и к устройству естественного основания под трубопроводы в виде цилиндрического ложа или выкружки.

Таким образом, устройство основания – один из главных факторов, обеспечивающих долговечность и надежность эксплуатации трубопроводов. С увеличением диаметра трубопроводов это приобретает более важное значение, поскольку стоимость таких сооружений значительно возрастает.



Если водонасыщенные грунты содержат органические включения или являются слабыми и могут вызвать неравномерные осадки, устраивают жесткие основания в виде ростверков на сваях (рис. 9.1, ж).

Железобетонные трубы диаметром 2 – 3,5 м рекомендуется укладывать на сборные основания (лекальные блоки или плиты с подбетонкой ступла). Кроме того, под такие трубы основания выполняются также из плит и брусьев, соединяемых между собой сваркой, с замоноличиванием стыка бетоном (рис. 9.1, з) При прокладке трубопроводов в сухих пучинистых грунтах искусственное основание под ними выполняют в виде песчаной подушки слоем 0,20 – 0,25 м на предварительно уплотненном пучинистом грунте.

Наиболее простым является устройство плоского грунтового основания путем планировки дна траншеи бульдозером. Создание ложа подсыпкой грунта в пазухи с послойным уплотнением непроизводительно, требует больших затрат ручного труда. Поэтому этот способ применяют при укладке труб малых диаметров, при отрывке траншеи в прочном или скальных грунтах, а также при недостаточной ширине траншеи для работы специальных машин.

Важным резервом сокращения объемов ручного труда и повышения качества прокладки трубопроводов является механизация устройства прямых и выкружки на дне траншеи.

В последнее время разработан ряд механизмов для устройства прямых и выкружки, сопряженных с базовой машиной, передвигающейся по дну траншеи.

Наибольшее распространение получило образование ложа с использованием пассивных (ножи, двухотвальные плуги) и активных (роторы, фрезы) рабочих органов. Существенным недостатком рабочего оборудования пассивного действия является необходимость приложения значительного тягового усилия, поэтому использование этого способа для образования ложа под трубы большого диаметра затруднительно. Кроме того, при этом способе сложно обеспечить равномерный уклон трубопровода.

Оборудование активного действия для вырезки ложа лишено этих недостатков, но более сложно в конструктивном отношении. Для профилирования ложа под железобетонные трубы диаметром 500 – 1200 мм создано оборудование МВ-6 в виде специального зачистного устройства к экскаватору ЭТР-206А. Сегментное ложе под железобетонные трубы разрабатывают сменными сегментными ножами. Расположение режущего ножа в зачистном устройстве перед задней опорой позволяет получать удовлетворительное по всем параметрам ложе с углом охвата трубы 90°. Грунт выносятся из траншеи в отвал. Двухколесная задняя опора экскаватора с колесей 1450 мм обеспечивает сохранность ложа.

Для строительства трубопроводов диаметром 800 – 1200 мм создана машина на базе гусеничного трактора с ложкопателем плужного типа.

Для прокладки железобетонных трубопроводов диаметром 1400 – 2000 мм создана машина МВ-15 на базе трактора Т-130БГ-1 (см. рис. 2.23, а), которая производит планировку дна, нарезку ложа и отрывку прямиков глубиной 0,35 и 0,5 м, стыковку труб и протаскивание центратора. Технология подготовки основания траншеи под трубопровод, включая зачистку дна, нарезку ложа и отрывку прямиков с помощью машины МВ-15 описана во 2 главе.

Согласно СНиП основание под трубопроводы должно быть принято заказчиком и оформлено актом на скрытые работы. В процессе устройства основания необходимо проверять соответствие продольного и поперечного уклонов проектным данным путем нивелирования дна траншеи. При устройстве ложа необходимо шаблоном проверять его глубину и угол охвата. При гравийно-щебенистом основании измеряют толщину его отдельных участков.

При устройстве бетонного основания проверяют все его элементы: толщину и высоту на уровне лотка трубы, марку бетона. В железобетонных монолитных основаниях контролируют укладку арматуры и соответствие ее проекту. При производстве работ в зимнее время необходимо следить, чтобы в момент укладки грунт не был проморожен.

### 9.3. Выбор кранов для прокладки трубопроводов

Как и в случае выбора кранов для монтажа строительных конструкций, краны для прокладки трубопроводов также выбирают в два этапа. Вначале, на I этапе выбирают несколько технически пригодных типов или марки кранов по вылету их крюка и грузоподъемности, а на II этапе по технико-экономическим показателям вариантов кранов выбирают наиболее экономичный, который и принимают для трубоукладочных работ.

Но прежде, еще до I этапа выбора кранов, необходимо в принципе уточнить тип необходимых кранов, который определяют по способу прокладки труб. При этом следует иметь в виду, что для прокладки стальных магистральных трубопроводов, особенно больших диаметров, удлиненными секциями или плетями, целесообразно использовать краны-трубоукладчики, главной особенностью которых является жесткое крепление грузоподъемной стрелы сбоку. Такие краны являются неповоротными.

Для прокладки трубопроводов отдельными трубами из чугунных, а также железобетонных, керамических и асбестоцементных труб с раскладкой их на берме траншеи, когда в процессе их укладки требуется поворот стрелы крана с трубой к траншее, применить краны-трубоукладчики практически невозможно. В этом случае следует применить мобильные стреловые краны – автомобильные, пневмоколесные или гусеничные нужной грузоподъемности. При выборе типа применяемых кранов следует также учитывать, что вылет крюка у кранов-трубоукладчиков по сравнению со стре-



ловыми ограничен (5,0 – 7,5 м), что затрудняет их использование даже при прокладке стальных магистральных трубопроводов шпелами при большой глубине траншей, когда требуются краны с большими вылетами крюка (до 10 – 14 м и более). Выбрав для каждого конкретного случая прокладки трубопроводов с учетом вышеуказанных рекомендаций тип кранов, переходят к I этапу их непосредственного выбора по техническим показателям.

Расчет рабочих параметров для выбора крана (1-й этап). Вначале определяют возможную схему его работы, т.е. положение крана относительно траншеи, а затем минимальный вылет крюка, т.е. наименьшее расстояние от оси его вращения (для кранов-трубоукладчиков – от крайней гусеницы) до оси трубопровода.

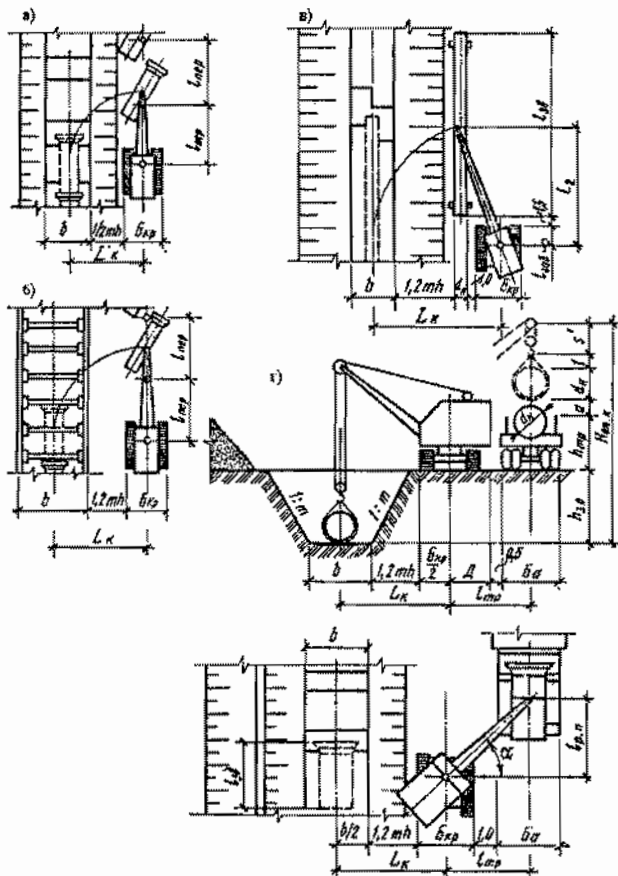


Рис. 9.2. Схема определения рабочих параметров крана при прокладке труб: а - укладка одиночных труб в трапециевидную траншею; б - то же, в траншею с креплениями; в - монтаж трубных секций; г - монтаж труб с транспортных средств

Требуемый вылет крюка ( $L_K$ ) монтажного крана при прокладке трубопроводов из одиночных труб в трапецидальных траншеях по схеме, приведенной на рис. 9.2, а, равен

$$L_K = 0,5b + 1,2 mh + 0,5 B_{кр},$$

где  $b$  – ширина траншеи по дну, м;  $1,2 mh$  – расстояние от основания откоса выемки до гусениц (колес или выносных опор) крана (свободная берма при этом должна быть не менее 1 м);  $B_{кр}$  – ширина базы крана, м;  $m$  – заложение откосов;  $h$  – глубина траншеи, м.

При монтаже трубопроводов из одиночных труб в прямоугольных траншеях с креплением (рис. 9.2, б) вылет крюка определяют также, а при монтаже их из укрупненных секций (рис. 9.2, в) (длиной 18 ... 24 м) вылет крюка определяют по формуле

$$L_K = 0,5b + 1,2 mh + d_H + 1 + 0,5 B_{кр},$$

где  $d_H$  – наружный диаметр труб, а для раструбных труб – диаметр раструба, м.

В глубокие траншеи, а также при слабых грунтах трубы укладывают на большом вылете крюка и, если расстояние от оси вращения крана до центра тяжести секции  $L_2$  будет меньше требуемого по расчету вылета крюка ( $L_2 < L_K$ ), то кран отодвигают в сторону от секции на расстояние не менее 1 м и подают вперед на величину  $L_2 - L_K$ , производя далее монтаж на расчетном вылете крюка. Когда такое смещение невозможно, то монтаж ведут при вылете крюка, равном  $L_2$  (см. рис. 9.2, в)

$$L_K = L_2 = 0,5 l_{тр с} + 1,5 м + l_{заб},$$

где  $l_{тр с}$  – длина трубной секции; 1,5 м – расстояние в свету между торцом секции и габаритом крана (по условиям безопасности);  $l_{заб}$  – расстояние между осью вращения крана и передним краем его ходовой части.

При монтаже труб с транспортных средств (рис. 9.2, г) вылет крюка определяют по формуле, приведенной первой, и проверяют по условию

$$L_{тр} = D + 1 + 0,5 B_a$$

Этим одновременно определяют место установки

$$L_{ρ,н} = \sqrt{L_K^2 - L_{тр}^2}.$$

В этих формулах:  $L_{тр}$  – расстояние между осями движения крана и транспортных средств;  $D$  – радиус поворота хвостовой части платформы крана;  $B_a$  – ширина базы транспортных средств.

Укладку изолированных плетей стальных трубопроводов в полевых условиях ведут кранами-трубоукладчиками. Исходя из условия предотвращения обрушения стенки расстояние от бровки до крана-трубоукладчика должно составлять не менее 2 м. Необходимый вылет крюка крана-трубоукладчика при этом

$$L_K = 0,5b + mh + 2.$$

Если укладку изолированных плетей ведут стреловыми кранами, то их размещают по другую сторону от плети (считая от траншеи), а необходимый вылет крюка

$$L_k = 0,5b + mh + l_{бр1} + d_n + l_{бр2} + 0,5 E_{кр},$$

где  $l_{бр1}$   $l_{бр2}$  – соответственно расстояние от бровки траншеи до трубной плети и от нее до края. Обычно первое расстояние принимают равным не менее 1 м, а второе – в пределах 0,5 ... 1 м.

Определив требуемый вылет крюка применительно к выбранной схеме работы крана, определяют необходимую его грузоподъемность.

Грузоподъемность крана  $Q$  подсчитывают исходя из максимального груза, который должен поднять кран при требуемом вылете крюка  $L_k$ . Он определяется массой монтируемых труб или секций (плетей).

Если уровень стоянки крана выше отметки монтажного горизонта, например при прокладке труб, то определяют высоту или, точнее, глубину опускания крюка  $H_{оп.к}$  с учетом обеспечения подачи трубы в траншею (см. рис. 9.2, г)

$$H_{оп.к} = h_{з.о} + h_{тр} + a + d_n + h_r + s',$$

где  $h_{з.о}$  – глубина заглубления опоры (дна) в траншею или котловане;  $h_{тр}$  – высота транспортных средств;  $a$  – свободное пространство между бортом транспортного средства и трубой (не менее 0,5 м, а при подъеме с прокладок – не менее 0,75 м с учетом возможного прогиба трубы);  $d_n$  – наружный диаметр трубы;  $s'$  – длина сжатого полиспафта.

Необходимую грузоподъемность крана определяют в зависимости от массы поднимаемых труб или укрупненных секций с учетом массы грузозахватных приспособлений (захватов, траверс, скоб и т.п.). При прокладке магистральных стальных водоводов комплексно-механизированной колонной машин, включающей краны-трубоукладчики, очистную и изоляционную машины, необходимую грузоподъемность кранов-трубоукладчиков определяют путем деления общей массы поднимаемой плети (вместе с очистной и изоляционной машиной и с учетом массы применяемых троллейных подвесок) на количество кранов-трубоукладчиков.

Для определения массы поднимаемой плети необходимы справочные данные о массе 1 п. м труб в зависимости от ее диаметра и толщины стенки, которые умножают на длину плети. Длина поднимаемого участка плети трубопровода  $L_n$  зависит от диаметра трубопровода

$D, мм$	592	720	820	1020	1220	1420
$L_n, м$	130	175	185	225	255	265

Количество кранов-трубоукладчиков в колонне определяют по рекомендациям справочников, в зависимости от принятого способа прокладки и диаметра трубопровода. Так, например, при совмещенном способе прокладки, когда совмещаются процессы очистки, изоляции и укладки трубопровода в траншею, количество необходимых кранов-трубоукладчиков в колонне составит: при диаметре труб 529 – 820 мм – 3; 1020 мм – 4; 1220 мм – 5 и при диаметре 1420 мм – 7. При раздельном способе прокладки, когда плеть первым проходом кранов-трубоукладчиков с помощью очистной и изоляционной машин очищают и изолируют, после чего опускают обратно на берму траншеи, а затем (вторым проходом кранов) плеть с помощью мяг-

ких полотенец переключают с бермы на дно траншеи, количество кранов-трубоукладчиков будет меньшим. Так, при диаметре плети 529 мм кранов требуется 2; 720 – 1020 мм – 3; 1220 – 1420 – 4. Поэтому в тех случаях, когда у строительной организации не хватает кранов-трубоукладчиков, принимают раздельный метод прокладки трубопровода.

Определив для всех монтажных работ, встречающихся в практике водопроводного строительства, при монтаже трубопроводов необходимые технико-экономические характеристики и выбрав по справочникам соответствующие марки кранов, проводят их технико-экономическое сравнение (II этап) и выбирают наиболее экономичный вариант крана.

Методика выбора наиболее экономичного варианта крана приведена в § 6.3 при монтаже строительных конструкций. Она вполне может быть использована при монтаже трубопроводов.

#### 9.4. Подбор грузозахватных приспособлений

Для подъема, перемещения и укладки труб применяют специальные грузозахватные приспособления (рис. 9.3), для подъема длинномерных труб используют специальные траверсы (рис. 9.4, а, ж, з), а для подъема плети стального трубопровода кранами-трубоукладчиками при ее прокладке используют троллейные подвески (рис. 9.4, к, л, м), позволяющие осуществлять подъем трубопровода для его очистки и изоляции при одновременном поступательном передвижении кранов-трубоукладчиков вдоль траншеи.

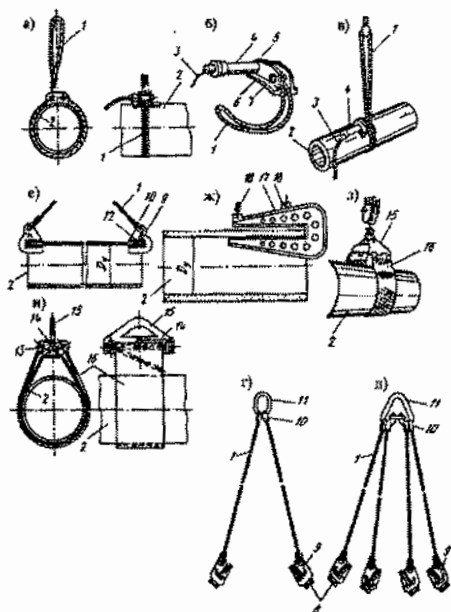


Рис. 9.3. Грузозахватные приспособления, применяемые при строительстве трубопроводов; а - строповка трубы универсальным стропом с приспособлением для дистанционной расстроповки; б - полуавтоматический строп "удавка"; в - строповка трубы полуавтоматическим стропом; г, д - двух- и четырехветвевые стропы; е - шарнирный торцевой захват для асбестоцементных труб; ж - монтажная скоба для железобетонных труб; з - мягкий строп (полотенце); и - строповка мягким захватом; л - трос несущий; 2 - труба; 3 - тросик для выдергивания фиксатора; 4 - фиксатор-замок; 5 - щека; 6 - оворная плита; 7 - палец; 8 - скоба; 9 - захват; 10 - коуш; 11 - сержа; 12 - мягкие прокладки; 13 - стержни; 14 - привод для вытягивания полотна из-под трубы; 17 - монтажная скоба; 18 - устройство для подвески трубы

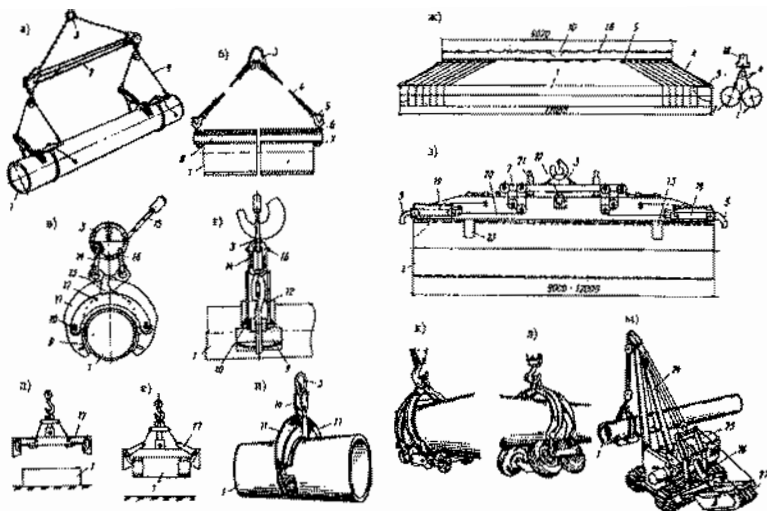


Рис. 9.4. Травесы, захваты и другие устройства для подъема труб: а, б - травесы для длиномерных и асбестоцементных труб; в, г, и - полуавтоматический клещевой захват; д, е - этапы строповки труб автоматическим захватом; ж - травеса для строповки стальных труб грузоподъемностью 6 т; з - автоматический захват для труб грузоподъемностью 10 т; к, л - троллейные подвески с металлическими и резиновыми пневмобаллонными катками; м - строповка трубопровода троллейной подвеской; 1 - труба; 2 - травеса; 3 - кольцо; 4 - стропы; 5, 13 - крюки; 6, 12 - скобы; 7 - оградительные фланцы с мягкими прокладками; 8 - труба-травеса; 9 - выдвижные губки; 10 - ось; 11 - рычаги; 14 - подвески; 15 - ручка; 16 - штырь; 17 - автоматический захват; 18 - балка; 19 - тележка с пружиной; 20 - трособлочная система; 21 - направляющая втулка; 22 - фиксатор; 23 - опоры; 24 - стрела крана-трубоукладчика; 25 - рама; 26 - гидроцилиндр; 27 - контргруз

Выбор грузозахватных приспособлений для подъема и укладки трубопроводов осуществляют с учетом того, что приспособления должны обеспечивать необходимую грузоподъемность, прочность, надежное зацепление (строповку) трубы, недопустимость повреждений как самой трубы, так и ее изоляционного покрытия, простоту конструкции и применения. Для подъема и укладки в траншею, например, изолированного стального трубопровода следует использовать так называемые мягкие полотенца (рис. 9.3, з, и). Важнейшим показателем грузозахватных приспособлений является их грузоподъемность, которая зависит от диаметра прокладываемого трубопровода и толщины стенки. Промышленностью выпускаются грузозахватные приспособления различной грузоподъемности, что позволяет производить их правильный выбор. Для этого вначале надо определить тип необходимых приспособлений (травеса, клещевой захват, троллейные подвески или мягкие полотенца), а затем, зная требуемую грузоподъемность, подбирают их соответствующие марки. При этом необходимы также сведения о массе применяемых приспособлений (в кг), так как они необходимы при определении

224

необходимой грузоподъемности крана. Указанные сведения о необходимых для подъема труб грузозахватных приспособлениях приведены в табл. 9.1 – 9.4.

Таблица 9.1

**Технические характеристики клещевых автоматических и полуавтоматических захватов серии КЗ**

Характеристики	Марки захватов КЗ							
	271	351	531	721	821	1022	1223	1422
Диаметр поднимаемой трубы, мм	273	355	530	720	820	1020	1220	1420
Грузоподъемность (максимальная), т	3	4	4	7	8,5	12	16	28
Масса, кг	45	53	180	400	485	560	623	1130

Таблица 9.2

**Технические характеристики троллейных подвесок для неизолированного трубопровода**

Характеристики	Марка подвесок				
	ТПЗ71ХЛ	ТП521ХЛ	ТП822ХЛ	ТП1023ХЛ	ТП1425ХЛ
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	89 – 377	377 – 530	377 – 820	1020	1220 – 1420
Грузоподъемность (максимальная), т	6,3	12,5	20	35	63
Масса, кг	82	212	542	1342	1500

Таблица 9.3

**Технические характеристики троллейных подвесок для непрерывной укладки изолированного трубопровода в траншею (катки полнуретановые или на авиашинах)**

Характеристики	Марка подвесок				
	ТПП-371	ТПП-1021	ТПП-1022	ТПП-1421ХЛ	ТПП-1423
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	80 – 325	1020	1020	1220-1420	1220 – 1420
Грузоподъемность (максимальная), т	2	23	32	63	60
Масса, кг	205	1155	1380	1400	1860

Таблица 9.4

**Технические характеристики мягких полотенец серии ПМ**

Характеристики	Марка полотенец				
	ПМ-321	ПМ-523	ПМ-823	ПМ-1223	ПМ-1425
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	89 – 325	377 – 530	630 – 820	1020	1220 – 1420
Грузоподъемность (максимальная), т	8	16	25	40	63
Масса, кг	20,7	38	81	108	387

## 9.5. Способы прокладки трубопроводов по заданному направлению и уклону

Для укладки труб по заданному направлению и уклону применяют причалки, пришивные и ходовые визирки, отвесы и другие приспособления, а также геодезические инструменты. При этом с двух сторон котлована смежных смотровых колодцев устанавливают на столбах обноски, причем так, чтобы поперечные доски были горизонтальны и проходили через центр колодцев (рис. 9.5). Над центром колодца в доску вбивают гвоздь, сбоку к доске прибивают строго горизонтально брусок, называемый полочкой. Такую же обноску с полочкой делают и у смотрового колодца, находящегося на втором конце участка, на котором предстоит укладка труб. К забитым гвоздям крепят и натягивают проволоку (причалку), служащую в качестве направляющей при укладке труб. Поскольку натянутая причалка соответствует оси прокладываемого трубопровода, то по положению опущенного с нее отвеса проверяют правильность прокладки труб по заданному направлению. При этом необходимо, чтобы вертикальная ось конца каждой укладываемой трубы совпала с отвесом. При несовпадении конец трубы смещают в нужном направлении краном или с помощью монтажного лома.

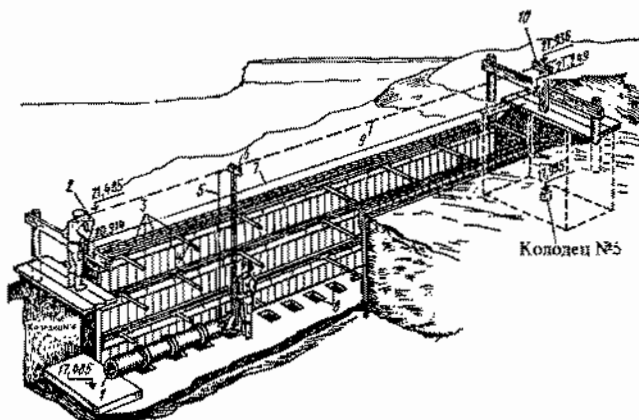


Рис. 9.5. Схема укладки трубопровода по заданному направлению и уклону: 1 - укладываемый трубопровод; 2 - пришивная визирка №1; 3 - крепление траншеи; 4 - нивентарные распорки (струбины); 5 - отвес; 6 - ходовая визирка; 7 - проволока (причалка); 8 - приямки для заделки растресков; 9 - линия визирования; 10 - пришивная визирка №2

После установки обносок и полочек с помощью нивелира определяют отметки полочек на каждом конце участка (в нашем случае они равны 20,914 и 21,249 м). Отметка дна колодца №4 равна 17,485, а колодца №5 – 17,935 м. Следовательно, трубопровод должен быть уложен с уклоном в сторону колодца №4, причем разность отметок равна 0,45 м. Если расстояние между колодцами равно 45 м, то уклон будет 0,01. Поскольку контролиро-

вать уклон при укладке труб по отметкам лотков колодцев на практике трудно, то над двумя соседними колодцами к обноскам по их центру крепят пришивные визирки, которые имеют ту же разность отметок, что и лотки, т.е. 0,45 м. Линия, соединяющая точки между центрами пришивных визирок, имеет тот же уклон, что и подлежащий прокладке трубопровод. Эту линию называют *линией визирования*. Если от нее в любой точке отложить отвесно вниз 4 м, что можно сделать с помощью ходовой визирки, то нижние точки будут определять в любом месте точное заложение лотка труб. При закреплении пришивной визирки необходимую вычисленную ее длину определяют от закрепленной на обноске полочки.

Перед укладкой труб положение обноски, полочки и пришивной внутри визирки проверяют по нивелиру. Кроме визирок при укладке труб применяют отвес, опускаемый с натянутой проволоки (причалки), с помощью которого можно точно наметить ось прокладываемого трубопровода. При больших диаметрах труб в них иногда вставляют шаблоны с отмеченной осью трубопровода, что облегчает их укладку по заданному направлению. Применяют также инвентарные переносные обноски-визирки.

Трубопроводы по заданному уклону можно укладывать также с помощью уровня. Для этого между трубой и уровнем помещают треугольный деревянный вкладыш высотой  $h$ , определяемой из соотношения  $h = il$  (где  $i$  - уклон трубопровода;  $l$  - длина оправы уровня). Если укладывать трубу с установленным на ней вкладышем и уровнем и добиться того, чтобы пузырек уровня установился в нуль-пункте, то лоток трубы будет точно соответствовать заданному уклону.

Однако более точно проложить трубопровод по заданному направлению и уклону можно при помощи луча лазерного нивелира. При этом лазерный нивелир устанавливают в начале прокладываемого участка и нацеливают луч таким образом, чтобы в точности совпадал с продольной осью трубопровода. Для этого в конце участка устанавливают соответствующий экран с нарисованными окружностями и пересечением осей. Оптическую трубу лазерного нивелира наводят на экран так, чтобы «зайчик» луча точно попал в центр концентрических окружностей, что свидетельствует о совмещении луча с осью трубопровода. Обеспечив это, нивелир закрепляют в таком положении и приступают к укладке труб. При этом перед строповкой трубы внутри ее устанавливают съемный экран с изображением на нем концентрических окружностей и пересечением осей. При укладке трубы ее центрируют таким образом, чтобы «зайчик» луча лазерного нивелира попал в пересечение осей съемного экрана. После этого трубу фиксируют в таком положении подсыпкой с боков грунтом, и затем переходят к укладке следующей трубы. При условии точного соблюдения такой технологии гарантированно обеспечивается абсолютно точная прокладка трубопровода по заданному направлению и уклону.

По сравнению с использованием способа визирок этот имеет ряд преимуществ. Во-первых, он более точный и повышает качество прокладки трубопровода, что очень важно при устройстве самотечных безнапорных



коллекторов, где соблюдение проектного уклона имеет большое значение для их функционирования. Во-вторых, он практически не требует применения ручного труда, так как не нужны рабочие в траншее для переноса ходовой визирки и на поверхности для фиксации «линии визирования». Лазерный нивелир способен удерживать луч по заданному направлению и уклону в пространстве автоматически непрерывно и в течение нужного времени, например, в течение рабочей смены. К недостаткам этого способа можно отнести сравнительную дороговизну самого лазерного нивелира, что затрудняет его приобретение строительными организациями. В то же время использование способа визиров не требует особых затрат, так как сами они могут быть легко изготовлены в построечной мастерской. Несмотря на возможные погрешности, способ визиров все же позволяет проложить трубы с достаточной точностью, т.е. в пределах допускаемых отклонений.

Правильность укладки трубопровода по заданному направлению и уклону окончательно проверяют перед засыпкой труб и колодцев путем нивелирования дна лотков труб и колодцев, т.е. выполняют **исполнительную съемку**. Разность отметок между дном колодцев и лотком в отдельных точках трубопровода не должна отличаться от проектной более чем на строительный допуск. Прямолинейность трубопровода между колодцами проверяют с помощью зеркал, отражающих луч вдоль его оси.

### 9.6. Совмещенная прокладка трубопроводов

Прокладка подземных сетей водопровода и канализации в пределах городской застройки может быть **раздельной** и **совмещенной**. При совмещенной прокладке нескольких трубопроводов в одной траншее (рис. 9.6, а) объемы земляных работ уменьшаются на 35 ... 40%, а стоимость их строительства – на 15 ... 30%. Прокладка сетей различного назначения в одной траншее хотя и рациональнее раздельной, но все же не свободна от существенных недостатков (трудность устранения аварий и ремонта, коррозия труб и др.).

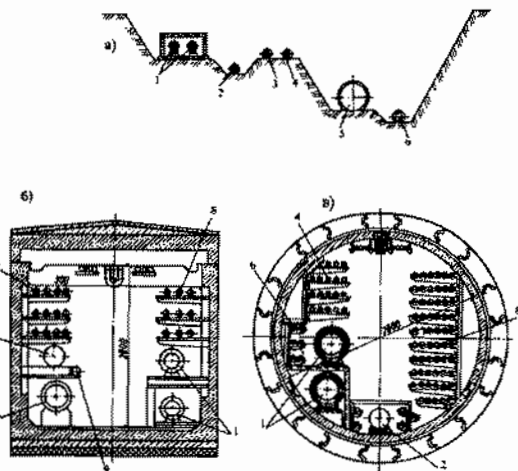


Рис. 9.6. Совмещенная прокладка трубопроводов: а - в одной траншее; б - в проходном канале прямоугольного сечения; в - то же, круглого сечения; 1 - теплотрасса; 2 - водопровод; 3 - газопровод среднего давления; 4 - то же, низкого давления; 5 - водосток; 6 - канализация; 7 - электрокабель; 8 - телефонные кабели; 9 - электрокабели специального назначения

Учитывая недостатки отдельной и совмещенной прокладки подземных сетей в грунте, в последнее время все чаще практикуют их прокладку в проходных и непроходных каналах, коллекторах или тоннелях. Причем если прокладка в непроходных каналах и коллекторах снижает только влияние окружающей среды на срок службы трубопроводов, то прокладка их в общих проходных каналах (рис. 9.6, б) является наиболее прогрессивным решением. В этом случае монтажные работы ведутся в более благоприятных условиях, что улучшает их качество, повышает производительность труда и уровень механизации, сокращает сроки ввода сетей. Расположенные в проходных коллекторах трубопроводы различного назначения меньше подвергаются коррозии, что удлиняет сроки их службы; они не воспринимают динамических и других нагрузок от проходящего транспорта. Коммуникации доступны для ежедневного наблюдения и при возникновении дефектов имеется возможность быстрого их устранения. Ремонт, прокладку дополнительных или замену ранее проложенных коммуникаций выполняют без разрытия грунта и разрушения дорожных покрытий, так как производят через монтажные камеры и люки. Проходной коллектор, вмещающий в себе наряду с трубопроводами и другие коммуникации (кабели и т.п.), занимает площадь в 1,5 ... 2 раза меньше требуемой при отдельной их прокладке. Стоимость строительства коммуникаций при совмещенной их прокладке в проходных коллекторах ниже прокладки их в грунте, если учесть экономию на эксплуатационных затратах.

Трубопроводы внутри канала или коллектора прокладывают через оставляемые в них через 100 ... 200 м специальные монтажные проемы шириной 10 ... 15 м по временным или постоянным скользящим опорам. Трубопроводы сваривают в секции и подают внутрь коллектора, постепенно удлиняя плетель до 100 м.

### 9.7. Прокладка трубопроводов в зимних условиях

Наиболее сложными работами при строительстве трубопроводов в зимний период являются отрывка и обратная засыпка траншей, а также нанесение изоляции и укладка трубопроводов. Поэтому зимой целесообразно выполнять те работы, производство которых облегчается в этот период, а также те из них, осуществление которых осложняется несущественно. Особенности производства земляных работ при устройстве траншей и их засыпка в зимний период рассмотрены в главе 2.

Сварочные работы зимой могут успешно выполняться при проведении необходимых мероприятий, обеспечивающих высокое качество сварочных соединений в условиях низких температур. Технологические операции по нанесению на трубы изоляционного покрытия в зимних условиях практически не отличаются от операций, применяемых в обычных условиях. При этом рациональнее наносить изоляцию на специальных трубозаготови-

тельных базах, но иногда изоляционные работы в зимнее время выполняют непосредственно на трассе. Применяемые битумные мастики при этом должны удовлетворять повышенным требованиям, так как битумное покрытие должно сохранять пластические свойства при отрицательных температурах. Для этого в состав битумной мастики вводят пластифицирующие добавки. Особое внимание при производстве изоляционных работ зимой обращают на необходимость тщательной очистки труб от снега и инея с помощью передвижных обогревательных устройств. В зимний период вместо горячего процесса изоляции труб битумными мастиками целесообразнее применять изоляцию полимерными липкими лентами (холодный процесс).

Для обеспечения сохранности изоляционного покрытия, а также создания наиболее благоприятных условий для укладки труб изоляционно-укладочные работы зимой следует производить так, чтобы трубные секции или плети опускались в свежестрытую траншею. Недопустимо оставлять зимой на длительное время изолированные трубы на берме траншеи. Поэтому комплексное выполнение сварочных и изоляционно-укладочных работ является основным условием зимней прокладки трубопроводов. Операции по подготовке траншеи, укладке трубопровода и обратной засыпке при этом выполняют одну за другой без перерыва во времени. Трубопровод в траншею при отрицательных температурах следует опускать с особой осторожностью, учитывая пониженные пластические свойства изоляции и материала труб. Во избежание обвалов снега в траншею при укладке трубопровода рабочую зону предварительно очищают от снега. Неуложенный в траншею трубопровод, во избежание его примерзания к грунту на берме или вмерзания в снег, укладывают на высокие лежки (деревянные подкладки) или земляные призмы.

## 9.8. Требования к качеству прокладки трубопроводов

Магистральные и распределительные трубопроводы систем водоснабжения часто работают при значительных напряжениях, возникающих в стенках труб из-за внутренних давлений. Поэтому любые дефекты в стыках или в теле труб представляют большую опасность. Надежность работы трубопроводов обеспечивается высоким качеством строительных работ. Качество строительства определяется степенью соответствия проложенного водопровода требованиям проекта, ТУ, и СНиПа. Для их соблюдения организуют контроль качества применяемых материалов, изделий, конструкций, а также контроль соблюдения технологичности строительно-монтажных работ.

**Качество материалов и изделий** проверяют в подготовительный период строительства трубопровода в лабораториях и на трубозаготовительных предприятиях, сопоставляя данные сертификатов поставщиков с требованиями ГОСТа, ТУ и проекта, а при отсутствии сертификатов – лабораторными испытаниями.

**Качество строительного-монтажных работ** определяют путем систематического контроля качества каждой операции: соединения труб (сборки и уплотнения стыков, наложения сварных швов и т.п.), их изоляции и укладки, соблюдения проектных уклонов и др. Применяют три вида контроля: текущий, периодический и присмочный (по окончании работ). Важнейшим из них является текущий, который может быть сплошным (пооперационным) и выборочным. Применяемый при этом метод контроля качества может быть визуальным (непосредственный осмотр выполненных работ), инструментальным (с применением инструментов и приборов) и лабораторным, требующим испытания взятых проб.

При монтаже стальных водоводов самыми ответственными операциями являются сварочные и изоляционно-укладочные. От качества сборки и сварки стыков в основном зависит эксплуатационная надежность трубопроводов, поскольку большинство аварий происходит вследствие разрывов стыков, а не самих труб. Контроль качества сварочно-монтажных работ обычно начинают с проверки условий выгрузки, перевозки и складирования труб, чтобы исключить при этом их повреждение. Затем производят пооперационный контроль по текущей проверке соблюдения установленной технологии производственного процесса. Причем вначале на трубосварочной базе и в последующем при потолочной сварке на трассе проверяют качество (состояние) труб и применяемых материалов, а потом качество сборки и сварки стыков. В заключение производят внешний осмотр сварных стыков и проверяют исправление выявленных дефектов. Пооперационным контролем определяют внешние дефекты сборки и сварки труб, а прочность сварных соединений или наличие внутренних дефектов проверяют механическими и физическими методами контроля. При необходимости осуществляют металлографические испытания образцов. Окончательную проверку прочности и герметичности (водонепроницаемости) трубопроводов производят приемочными гидравлическими и пневматическими испытаниями (подробнее см. гл. 14). Качество изоляционных покрытий трубопроводов проверяют по мере их нанесения, перед и после укладки трубопроводов в траншею. Выявленные дефекты и повреждения должны быть исправлены.

При монтаже водоводов из отдельных труб (чугунных, железобетонных, асбестоцементных и др.) очень важно обеспечить требуемое качество устройства (заделки) стыков между ними. Для обеспечения водопроницаемости стыков соединений нельзя допускать эллипсности гладких концов труб, раструбов и муфт, а также плохого качества поверхности труб. Надо добиваться обжатия резинового кольца в щели раструбных и муфтовых соединений на 40 ... 50% толщины его поперечного сечения. Для заделки стыков следует применять качественные резиновые кольца, у которых удельная остаточная деформация при испытании на старение и морозоустойчивость не превышает 45%, а гладкая, без трещин, пузырей и посторонних включений поверхность не имеет выступов и углублений размером более 1 мм.

## Глава 10. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ

### 10.1. Виды неметаллических труб и преимущества их применения

Для прокладки сетей водоснабжения и водоотведения рекомендуется в первую очередь использовать неметаллические трубы, учитывая их преимущества перед металлическими. Главным недостатком металлических, особенно стальных труб, является их недолговечность при эксплуатации вследствие коррозии. Применяемые в настоящее время различные меры защиты труб от коррозии лишь замедляют этот разрушительный процесс, но полностью остановить его не могут. Скорость разрушения стенок стальных труб вследствие коррозии иногда достигает 1 мм толщины стенки в год и, если иметь в виду, что для устройства систем водоснабжения и водоотведения используют трубы с толщиной стенки порядка 10 мм, то можно подсчитать довольно низкий срок службы стальных труб, что и подтверждается на практике. И это еще без учета воздействия на трубы электрокоррозии от воздействия блуждающих токов, образующихся вблизи трасс движения электротранспорта (электрифицированные железные дороги, трамвай, троллейбус и др.) или вблизи линий ЛЭП высокого напряжения. Указанные блуждающие токи вызывают так называемую «точечную» коррозию, в результате чего в трубе образуются сквозные отверстия, которые выводят водопроводы из строя за очень короткое время. Хотя имеются способы защиты труб от электрокоррозии, но не всегда удается полностью предотвратить подобное разрушение стальных труб.

Вторым не менее важным недостатком стальных труб при использовании их в системах водоснабжения является то, что при эксплуатации с течением времени они внутри «зарастают» отложениями и из-за этого шероховатость внутренних стенок труб увеличивается и, соответственно, возрастают гидравлические сопротивления, а вследствие этого пропускная способность водоводов снижается. Попытки ее восстановления путем увеличения напора за счет замены насосов насосной станции на более мощные приводят часто к порывам на сетях трубопроводов и отключению водопотребителей. На ликвидацию аварий расходуется много средств, труда и материальных ресурсов.

Кроме этого, в случае применения стальных труб для систем водоснабжения, а иногда и водоотведения происходит нерациональное использование дефицитного металла, из которого можно было бы изготовить узлы и детали различных машин и механизмов, вместо того, чтобы в виде труб его закапывать в землю и обречь на сравнительно быстрое разрушение грунтовой и электрокоррозией.

Учитывая все это, Госстрой РФ принял решение о преимущественном использовании для сетей водоснабжения и водоотведения различных видов неметаллических труб, не подвергающихся коррозии и не зарастаю-

щих внутри. Стальные трубы в виде исключения допускается применять лишь в особых случаях, например, при устройстве переходов трубопроводов под дорогами способами прокола, продавливания и горизонтального бурения, при прокладке дюкеров или надземных переходов труб через различные преграды (висячих, подвесных, балочных, арочных и т.п.).

**Сортамент неметаллических труб**, используемых в водопроводном строительстве, включает различные их виды, в том числе: керамические, асбестоцементные, бетонные и железобетонные, полиэтиленовые, винилпластовые и др. Поскольку он приводится в специальных справочниках, в данном учебнике давать его нецелесообразно.

## 10.2. Монтаж керамических трубопроводов

Керамические трубопроводы в основном служат целям водоотведения и являются безнапорными, т.е. самотечными. Поэтому при прокладке таких труб особую важность приобретают требования укладки их точно по проектному уклону.

Перед укладкой доставленные на строительство керамические трубы подвергают приемке и проверке их качества. При этом следят, чтобы трубы имели круглую форму сечения (овальность ствола и раструба трубы не должна превышать установленных пределов). Они по всей длине должны быть прямолинейными, не иметь трещин и отколов. Торцовые плоскости труб должны быть перпендикулярными. Трубы, имеющие трудноустраняемые дефекты, отбраковывают.

**Укладка трубопровода.** Монтаж керамических трубопроводов ведут как отдельными трубами, так и укрупнительными звеньями (секциями) в две, три, пять труб при общей длине секции не более 8 м. Укладку трубопроводов производят снизу вверх по уклону, начиная от смотрового колодца раструбами против течения сточной жидкости (см. рис. 9.8).

Укладка трубопроводов отдельными трубами. Трубы укладывают на подготовленное и тщательно спланированное основание с выдерживанием заданного уклона по ходовой визирке. Первую трубу укладывают на подушку (основание) смотрового колодца раструбом вверх, т.е. «от колодца». Закрепив надежно первую трубу, укладывают последующие, соединяя их с помощью раструбов. Правильность уклонов проверяют нивелиром, а прямолинейность оси в горизонтальной плоскости – шиуром. Лотки уложенных труб должны совпадать и не образовывать уступов. Опускаемую трубу заводят гладким концом в раструб уложенной трубы, оставляя зазор 5 ... 6 мм для труб диаметром до 300 мм и 8 ... 9 мм для труб большего диаметра. Стыковые соединения трубопроводов из керамических труб уплотняют пеньковой смоляной или битумизированной прядью с последующим устройством замка из асфальтовой мастики, цементного раствора или асбестоцементной смеси. Прядь обвивают вокруг трубы не менее двух раз, а затем уплотняют конопаткой (без ударов молотком). Она при этом должна

занимать  $1/3 \dots 1/2$  раструба (рис. 10.1, а), а остальную его часть заполняют мастикой. Доставленную на место работ мастикку перед заливкой подогревают до температуры  $160 \dots 170^{\circ}\text{C}$ . Для удобства заливки стыков к трубам крепят специальные металлические обоймы (рис. 10.1, б), состоящие из двух шарнирно соединенных половинок. Обойму смазывают тонким слоем глины (чтобы не прилипла мастика) и устанавливают на трубу вплотную к раструбу. Стык заливают без перерыва через летник с одной стороны, чтобы с другой выходил воздух. После остывания мастики в стыке обойму снимают. Пример стыка труб с заделкой цементным раствором показан на рис. 10.1, в.

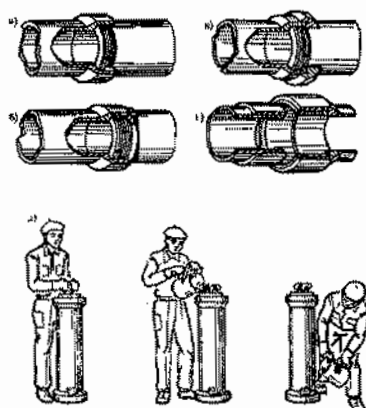


Рис. 10.1. Этапы заделки стыков керамических труб

Укладка трубопроводов звеньями. Для ускорения процесса укладки труб в траншею и заделки их стыков производят предварительную укрупнительную сборку в звенья (секции) по две, три и пять труб. Укладка звеньев из двух-трех труб диаметром до 250 мм может быть осуществлена вручную. При укладке звеньев труб больших диаметров применяют стреловые краны и специальные траверсы, которые обеспечивают горизонтальное положение звеньев при опускании.

Для ускорения работ по заделке стыков при сборке звеньев на трассе или по укладке отдельных труб в траншею иногда к керамическим трубам приделывают заранее кольца конической формы из асфальтовой мастики на внутренней поверхности раструба и на внешней поверхности другого конца трубы (рис. 10.1, г, д). Перед стыкованием таких труб асфальтовые кольца в раструбе и на концах труб покрывают расплавленным горячим битумом или обильно смазывают каким-либо растворителем (бензином, бензолом), размягчающим поверхность мастиковых колец. Благодаря конической форме прилитых асфальтовых колец и размягченности их поверхности имеется возможность свободного соединения труб так называемым холодным спо-

собом. После испарения растворителя и отверждения размягченной мастики получается прочный и герметичный стык труб. Общая схема прокладки трубопровода из керамических труб приведена на рис. 10.2.

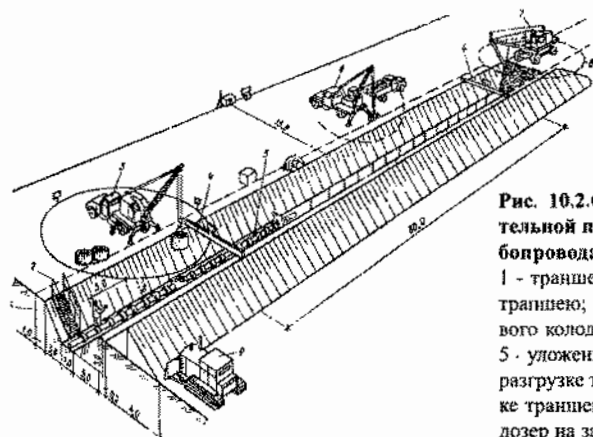


Рис. 10.2. Схема организации строительной площадки при монтаже трубопровода из керамических труб: 1 - траншея; 2 - лестница для спуска в траншею; 3 - кран на монтаже смотрового колодца; 4 - переносные обноски; 5 - уложенный трубопровод; 6 - кран на разгрузке труб; 7 - экскаватор на отрывке траншеи; 8 - опасная зона; 9 - бульдозер на засыпке траншеи

### 10.3. Монтаж асбестоцементных трубопроводов

**Приемка и проверка качества труб.** Трубы должны поставляться заводами-изготовителями комплектно с муфтами и резиновыми уплотнительными кольцами. Все трубы и муфты при поступлении на приобъектный склад должны быть тщательно проверены и при обнаружении дефектов отбракованы. К месту монтажа завозят только те трубы, муфты и другие соединительные части, которые прошли осмотр и приемку.

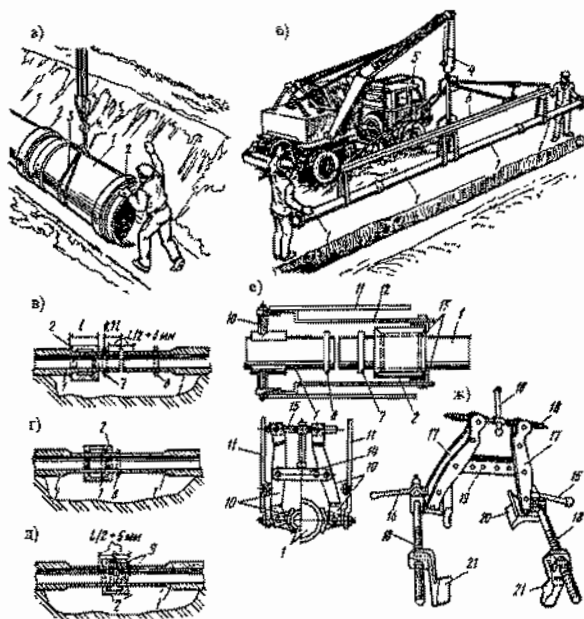
**Раскладка труб** вдоль траншей перед монтажом производится на расстоянии не ближе 1 м от ее бровки. Трубы диаметром до 150 мм допускается раскладывать на трассе в штабеля высотой до 1 м, располагаемых друг от друга на расстоянии не более 100 м. Муфты также раскладывают в штабеля. Трубы больших диаметров доставляют непосредственно к месту укладки и раскладывают на берме траншеи таким образом, чтобы в процессе трубукладочных работ не возникало необходимости в дополнительных их перемещениях вдоль траншей.

**Монтаж напорных трубопроводов** на рабочее давление до 0,6 МПа ведут с применением двухбуртных асбестоцементных муфт и с уплотнением их резиновыми кольцами круглого сечения, а на давление до 0,9 МПа — с применением таких же муфт и резиновых колец или чугунных фланцевых муфт с резиновыми кольцами. При монтаже асбестоцементных напорных трубопроводов на давление до 1,2 МПа трубы соединяют только на чугунных фланцевых муфтах с резиновыми кольцами.

Монтаж трубопроводов из труб малых диаметров (до 150 мм) ведут в основном вручную с опусканием их, а также соедини-



тельных частей на дно траншеи без всяких приспособлений, если глубина ее не превышает 3 м. При более глубоких траншеях, имеющих крепления, трубы опускают с помощью каната или мягкого троса, продетого в трубу. Трубы диаметром 200 ... 300 мм переносят со штабелей и опускают на дно неглубокой траншеи на лямках, а при глубине траншеи более 3 м и креплениях – с помощью продетого через трубу каната или мягкого троса. Трубы диаметром более 300 мм укладывают по возможности ближе к бровке траншеи, после чего подкатывают к бровке и опускают с помощью автомобильных или пневмоколесных кранов (рис. 10.3, а). В целях ускорения монтажа труб малых и средних диаметров их до укладки укрупняют в секции по несколько штук (до четырех), а затем опускают в траншею крапом с помощью специальных траверс (рис. 10.3, б), исключая возможность нарушения герметичности муфтовых стыковых соединений.



**Рис. 10.3.** Способы монтажа трубопроводов из асбестоцементных труб: а - монтаж отдельных труб; б - монтаж секций из нескольких труб краном с помощью специальной траверсы; в, г, д - этапы монтажа муфтового соединения труб (в - разметка стыка и начальное положение первого резинового кольца; г - промежуточный этап монтажа и начальное положение второго кольца; д - стык в смонтированном состоянии); е - рычажный натяжной домкрат; ж - винтовой домкрат; 1 - трубы; 2 - двухбуртная муфта; 3 - строп; 4 - крюк крана; 5 - край; 6 - траверса с мягкими полотенищами; 7 - первое резиновое кольцо; 8 - второе кольцо; 9 - места заделки цементным раствором; 10 - станина с зажимом; 11 - рычаги; 12 - тяги; 13 - захваты; 14 - распорная планка; 15 - затяжной винт; 16 - рукоятка; 17 - корпус; 18 - винты; 19 - планка; 20 - зажимы; 21 - лапки

Монтаж трубопроводов на асбестоцементных двух - буртих муфтах с резиновыми кольцами круглого сечения производят в такой последовательности. Вначале на конец ранее уложенной трубы надевают муфту и резиновое кольцо, а на конец присоединяемой укладываемой трубы – второе резиновое кольцо. Муфту надевают так, чтобы ее более широкий край (с рабочим скошенным буртиком) был обращен к стыку. После того как муфта и резиновое кольцо надеты, укладываемую трубу вплотную придвигают к ранее уложенной (рис. 10.3, а) и производят их центрирование. Отцентрированные трубы фиксируют присыпкой грунтом в средней части, а затем на концах труб мелом намечают места установки колец до начала и после окончания монтажа стыка (рис. 10.3, в). Монтаж муфт производят с помощью специальных приспособлений – рычажного домкрата (см. рис. 10.3, е) или, если необходимо большее усилие, винтового домкрата и винтового натяжного устройства (см. рис. 10.3, ж). Основные этапы монтажа муфтового соединения труб показаны на рис. 10.3, в ... д. Правильность положения резиновых колец после монтажа муфты проверяют шаблоном или линейкой. Кольца должны располагаться за рабочим буртиком.

Монтаж трубопроводов на асбестоцементных муфтах САМ с резиновыми самоуплотняющимися кольцами фигурного сечения получил в последнее время широкое распространение. Монтаж труб на муфтах САМ производят двумя способами. При первом (рис. 10.4, а, б) на укладываемую трубу надвигают муфту до сделанной на этой трубе отметки на расстоянии  $(l-c)/2$  от торца трубы, где  $l$  - длина муфты,  $c$  – размер зазора между трубами (рис. 10.4, а), после чего с помощью монтажного приспособления трубу вместе с муфтой придвигают в сторону уложенного трубопровода до тех пор, пока конец последней уложенной трубы не войдет в муфту на глубину  $(l-c)/2$  (рис. 10.4, б). Для того чтобы в процессе монтажа муфта не сдвинулась, у ее торца устанавливают упорный (переносной) хомут. При втором способе (рис. 10.4, в, г) на укладываемую трубу муфту надвигают на всю ее длину (рис. 10.4, в), а затем трубу центрируют с ранее уложенной и с помощью монтажного приспособления муфту укладываемой трубы передвигают на уложенную до имеющейся на ней отметки  $(l-c)/2$  (рис. 10.4, г). При этих двух способах монтажа муфта может быть первоначально надета и на уложенную трубу. Для обеспечения требуемого зазора между соединяемыми трубами применяют переносную штангу (рис. 10.4, д), удаляемую из трубы после монтажа стыка. Для монтажа стыковых соединений асбестоцементных труб наряду с показанным на рис. 10.6, ж винтовым домкратом используют также рычажный домкрат (рис. 10.4, е) и рычажно-реечное приспособление (рис. 10.4, ж). В целях механизации данного процесса применяют также специальное устройство, выполняющее захват и опускание труб в траншею, а также стыковку их с помощью муфт САМ. Устройство является сменным навесным обо-

рудованием к одноковшовому экскаватору и с его помощью можно вести монтаж труб диаметром 300 ... 500 мм. Эффективным также является навесное оборудование к трактору «Беларусь» типа «механическая рука», которое захватывает трубу с надетой муфтой, опускает на дно траншеи, центрирует и надвигает муфту на ранее уложенную трубу.

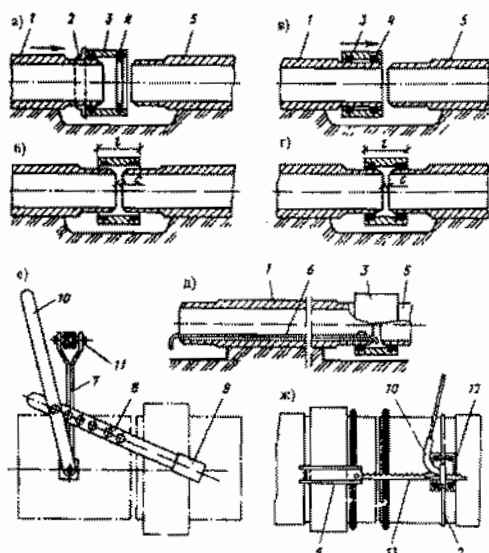


Рис. 10.4. Монтаж асбестоцементных труб на муфтах САМ с резиновыми самоуплотняющимися кольцами: 1 - укладываемая труба; 2 - упорный хомут; 3 - муфта САМ; 4 - резиновое кольцо; 5 - уложенный трубопровод; 6 - переносная штанга; 7 - корпус; 8 - тяга; 9 - захват; 10 - рычаг; 11 - стяжной винт; 12 - упорный башмак; 13 - рейка

Устройство для монтажа муфтовых и раструбных трубопроводов (рис. 10.5, а), выполнено в виде подвешенной к стреле крана рамы с размещенными в ее средней части торцовым управляемым цилиндром, торцовым захватом подачи трубы и по концам – челюстными захватами трубы и трубопровода. Каждый из захватов представляет собой шарнирно присоединенные к раме двуплечие рычаги и воздействующий на них силовой цилиндр. Верхние плечи рычагов образуют внутреннюю клиновую полость.

На раме укреплены получающие движение от силовых цилиндров кривошипно-штанговые механизмы. Кривошипы каждого из них несут установленные соосно друг другу толкатели, взаимодействующие с внутренними поверхностями клиновой полости, образованной верхними плечами соответствующего челюстного захвата. Выдвижением штока силового цилиндра обеспечиваются поворот кривошипов, перемещение толкателей вдоль криволинейных поверхностей верхних плеч рычагов и поворот последних вокруг осей их подвески на раме. Возврат рычагов в исходное положение осуществляют спиральными пружинами. Размещенный в средней части рамы торцовый захват подачи снабжен толкающими винтами, взаимодействующими с муфтой или раструбом трубы, к торцовой поверхности которых прикладывается усилие силового цилиндра подачи трубы. Установленные на раме направляющие определяют поступательное движение.

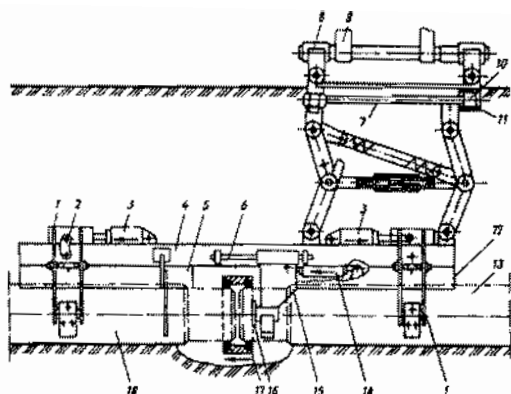


Рис. 10.5. Устройство для монтажа асбестоцементных труб: 1 - челюстные захваты трубы; 2 - кривошип; 3 - силовой цилиндр; 4 - рама; 5, 12 - центрирующие швеллеры; 6 - направляющие; 7 - горизонтальный стержень; 8 - кронштейны; 9 - стрела крана; 10 - ролик; 11 - роликовая дорожка; 13 - труба; 14 - торцевой управляемый силовой цилиндр; 15 - торцевой захват; 16 - толкающие винты; 17 - муфта; 18 - трубопровод

Для обеспечения центрирования к раме продольно снизу прикреплены центрирующие швеллеры, взаимодействующие с трубопроводом и трубой перьями своих полок. Для предварительной ориентации устройства с трубой относительно трубопровода предназначены кронштейны, укрепленные на раме.

Подвеска рамы на стреле неполноповоротного крана выполнена в виде вертикально установленных тяг и соединений с ними снизу шарнирной связи, которая представляет собой укрепленный на нижних концах тяг горизонтальный сектор с роликовой дорожкой по дуге сектора и поворотный относительно одной из тяг и несущий раму горизонтальный стержень с роликом на конце, опирающимся на роликовую дорожку, причем длина стержня соответствует радиусу сектора.

Монтаж трубопроводов на чугунных муфтах с резиновыми кольцами круглого и трапециевидного сечения производят с соблюдением правил устройства фланцевых соединений, т.е. путем постепенного завинчивания гаек, расположенных на концах взаимно перпендикулярных диаметров, с тем чтобы не произошло перекоса фланцев. После разметки на уложенную асбестоцементную трубу надевают один фланец, одно резиновое кольцо и втулку муфты. Перед укладкой следующей трубы на нее также надевают фланец и резиновое кольцо, а затем после укладке ее на дно траншеи переходят к сборке стыка. Степень уплотнения резины регулируют натяжением болтов при подтягивании гаек в установленном порядке.

**Монтаж безнапорных трубопроводов** ведут с применением безнапорных асбестоцементных труб и цилиндрических муфт. При этом вначале на ранее уложенную трубу надевают цилиндрическую муфту, предварительно сделав разметку фактического положения ее после сборки стыка, на каждом из концов соединяемых труб. Укладываемую трубу опускают в траншею и придвигают к уже уложенной, оставляя зазор как и при двухбуртных

муфтах, после чего ее центрируют и выверяют по визирке, ширу и отвесу. Далее на конец этой трубы устанавливают разъемный деревянный шаблон, на который надевают муфту, чтобы середина ее находилась над стыком, а шаблон заходил в муфту на половину ее длины. В зазор между муфтой и ранее уложенной трубой закладывают пенковую смоляную прядь и уплотняют ее конопатками. Оставшуюся часть стыкового зазора заделывают асбестоцементным раствором. После заделки половины стыка снимают шаблон и заделывают вторую половину стыка со стороны вновь уложенной трубы. При прокладке безнапорных трубопроводов на цилиндрических муфтах трубы соединяют с заделкой асфальтовой мастикой или цементным раствором без чеканки, но для получения стыка повышенной прочности цементный или асбестоцементный раствор зачеканивают.

#### 10.4. Монтаж бетонных и железобетонных трубопроводов

Бетонные и железобетонные трубы укладывают на естественное или искусственное основание. Стыки напорных труб (раструбные или муфтовые) заделывают резиновыми уплотнительными кольцами, а безнапорных (раструбные или фальцевые) – смоляной или битумизированной прядью, асбестоцементным или цементным замком, а также асфальтовой мастикой. Перед укладкой труб в траншею их так же, как и муфты, в ходе приемки подвергают наружному осмотру для выявления дефектов и проверки размеров.

**Проверка качества труб** заключается в установлении соответствия их основных характеристик ГОСТам и техническим условиям (ТУ). Бетонные и железобетонные трубы раскладывают вдоль траншеи различными способами (перпендикулярно к траншее, под углом и др.), выбор которых зависит от типа и грузоподъемности применяемых монтажных краиов.

Резиновые уплотнительные кольца должны удовлетворять следующим требованиям:

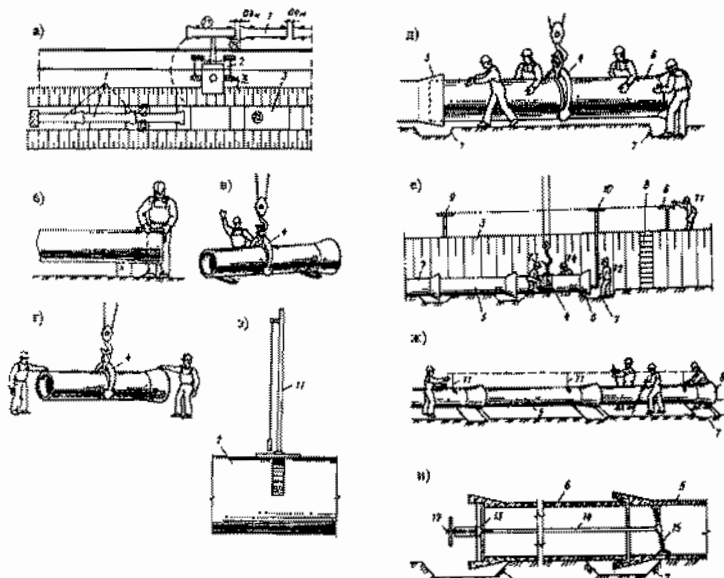
- 1) удельная остаточная деформация при испытании на старение и морозостойкость должна быть не более 45%;
- 2) поверхность колец должна быть гладкой, без трещин, пузырей, посторонних включений, выступов и углублений размером более 1 мм;
- 3) кольца должны быть термостойкими в пределах температур от – 20 до +50 °С.

**Монтаж напорных трубопроводов.** Напорные трубопроводы монтируют из раструбных и гладких железобетонных напорных труб на муфтовых соединениях, что вносит разнообразие в технологию работ по их прокладке.

*Монтаж трубопроводов из раструбных труб* ведут в такой последовательности: доставка труб и раскладка их вдоль траншеи, подача их на место укладки, подготовка конца трубы и установка на него резинового кольца; введение его вместе с кольцом в раструб ранее уложенной трубы; прила-

ние уложенной трубе проектного положения; окончательная заделка стыка; предварительное испытание готового незасыпанного участка трубопровода (а при трубах больших диаметров только стыковых соединений); засыпка этого участка; окончательное его испытание.

Монтаж труб ведут стреловыми кранами, причем трубы с бермы траншеи подают раструбами вперед по ходу монтажа и обязательно против течения жидкости. Перед укладкой первой трубы в начале трассы устанавливают бетонный упор, обеспечивающий устойчивое положение первым двум-трем трубам при их соединении в раструб.



**Рис. 10.6.** Основные рабочие операции при монтаже трубопровода из железобетонных раструбных труб: а - общая схема организации работ (Т-1, Т-2, Т-3, Т-4, Т-5 - рабочие места трубоукладчиков); б - разметка гладкого (втулочного) конца трубы шаблоном; в, г - строповка трубы и опускание ее в траншею с помощью клещевого захвата; д - введение гладкого конца трубы в раструб; е - выверка положения трубы в плане по вешкам; ж - центрирование трубы; з - инвентарная вешка с отвесом; и - натяжное устройство; л - трубы; м - кран; н - траншея; о - клещевой захват; п - уложенная раструбная труба; р - укладываемая труба; с - приямки; т - лестница; у - неподвижные визирки; ф - переносная (ходовая) визирка; г - инвентарные вешки; и - натяжной винт; к - балка; л - тяга; м - распорка

Рекомендуемая схема расстановки механизмов, рабочих-монтажников и раскладки труб при монтаже трубопроводов показана на рис. 10.6, а. При укладке трубы вначале по шаблону отмечают на ее гладком конце глубину заводки его в раструб уложенной трубы. Установив кран по середине укладываемой трубы и застропив ее полуавтоматическим захватом (рис. 10.6, в, г, д, е) или с помощью стропов либо траверсы, трубу подают в траншею (рис. 10.6, е). На высоте 0,5 м от ее дна опускание трубы приоста-

навливают и на гладкий конец ее надевают резиновое кольцо, после чего заводят ее в раструб ранее уложенной трубы и опускают на подготовленное основание. При этом особое внимание уделяют центрированию втулочного конца вводимой трубы с резиновым кольцом относительно заходной фаски раструба ранее уложенной трубы.

Для выверки положения укладываемой трубы на ее лоток опирают ходовую визирку и затем следят, чтобы верх этой визирки находился на общей линии визирования с двумя неподвижными визирками на обносках (рис. 10.6, е). После выверки трубы по вертикали с нее снимают захват, освобождают край для монтажа следующей трубы и приступают к выверке положения трубы в плане. С этой целью устанавливают по отвесу инвентарные вешки (рис. 10.6, з): одну из них на конец укладываемой трубы, а другую – на ранее уложенную. По установленной в колодце или на смонтированном участке трубопровода неподвижной вешке проверяют правильность укладки трубы в плане (рис. 10.6, е). При необходимости ее смещают в нужную сторону.

В заключение с помощью натяжного приспособления (рис. 10.6, и) вводят гладкий конец трубы в раструб ранее уложенной, следя при этом за равномерностью закатывания резинового кольца в раструбиную щель. При этом нельзя допускать, чтобы торец втулочного конца был задвинут в раструб до полного упора; между ними должен быть оставлен зазор (для чего и делается разметка), причем для труб диаметром до 1000 мм – величиной 15 мм, а для труб больших диаметров – 20 мм. Соединив трубы, снимают натяжное приспособление и подбивают трубу с боков грунтом на высоту 1/4 ее диаметра с помощью его уплотнением ручными трамбовками.

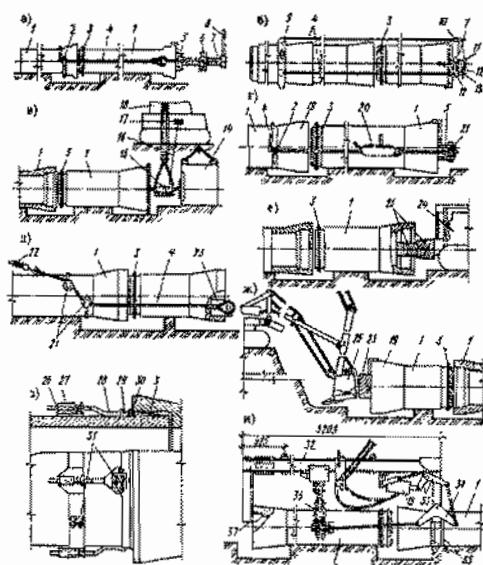
**При монтаже трубопроводов из раструбных железобетонных труб** наиболее трудоемкой операцией является введение втулочного конца трубы с резиновым кольцом в раструб ранее уложенной. Для облегчения ее применяют различные приспособления, устройства и механизмы. В частности, используют двух-трехросовые наружные натяжные приспособления (рис. 10.7, а, б), реечные и гидравлические домкраты (рис. 10.7, в), внутренние натяжные приспособления, рычажные и шестеренчатые лебедки (рис. 10.7, г, д), бульдозеры и экскаваторы (рис. 10.7, е, ж).

Для монтажа труб диаметром 500, 700, 900 мм применяют также универсальное гидравлическое приспособление (рис. 10.7, и), которое закрепляют на трубе, а затем вместе с ней опускают в траншею. Проверив точность центрирования трубы и правильность расположения резинового кольца, трубу под действием хода гидроцилиндра стыкуют с трубопроводом.

При выборе способа монтажа труб учитывают наличие необходимого оборудования и механизмов, а также условия строительства трубопровода. Монтаж труб с помощью бульдозера (рис. 10.7, е) может производиться в том случае, если бульдозер используется при планировке (зачистке) дна траншеи, т.е. когда совмещаются эти две операции. Монтаж труб диаметром

1000 – 1200 мм в траншеях шириной по дну 2,2 м осуществляют с помощью бульдозера Д-159Б (рис. 10.8). Для монтажа труб небольших диаметров (до 500 мм) трестом Центроспецстрой изготовлен малогабаритный бульдозер на базе трактора Т-548 с шириной отвала 1,25 м. Способ монтажа трубопровода с помощью внутреннего натяжного устройства рекомендуется применять для труб диаметром 800 мм и более.

Монтаж трубопровода с помощью ковша экскаватора (см. рис. 10.7, ж) ведут при прокладке труб в водонасыщенных грунтах или в стесненных городских условиях строительства, когда траншею отрывают по мере прокладки труб, и экскаватор, расположенный рядом, используют для их монтажа поворотом ковша.



**Рис. 10.7. Способы монтажа трубных напорных железобетонных труб и применяемые для этого приспособления:** 1 - уложенная и укладываемая трубы; 2 - полухомут; 3 - резиновое кольцо; 4 - трос; 5,6 - упорная и рабочая балки; 7 - натяжной винт; 8 - фрикционное храповое устройство; 9 - шарнирный хомут; 10 - регулировочные винты; 11, 12 - опорная и подвижная крестовины; 13 - трещотка; 14 - бетонный упор; 15 - гидроцилиндры; 16 - маслопровод; 17 - насос; 18 - кран-трубоукладчик; 19 - рас-труб; 20 - рычажная лебедка; 21 - блоки; 22 - трос к лебедке; 23 - упорный брус; 24 - бульдозер или трактор; 25 - ковш экскаватора; 26, 29 - съемный и ремонтный хомуты; 27 - опорная обойма; 28 - толкатель; 30 - ремонтно-резиновое кольцо; 31 - болты; 32 - траверса; 33 - рычаги; 34 - пластина; 35 - зажимные колодки; 36 - захват для труб; 37 - крюк

Применяемые средства механизации монтажа железобетонных и бетонных трубопроводов зависят в основном от типа стыкового соединения и диаметра труб. Тип стыкового соединения определяет технические требования к монтажному оборудованию, а диаметр труб и размеры траншеи – возможные схемы размещения монтажного оборудования и вытекающие отсюда технологические схемы производства монтажных работ.

Основными техническими требованиями к оборудованию для монтажа труб на резиновых уплотнительных кольцах являются: обеспечение соосности труб и создание необходимого осевого усилия для их стыковки. При монтаже труб с раструбио-винтовым соединением дополнительно нуж-



но обеспечить завинчивание укладываемой трубы в ранее уложенную. Для монтажа труб с зачеканкой стыковых соединений следует обеспечить механизованное уплотнение волокнистых материалов в раструбной щели.

Монтаж бетонных и железобетонных труб в настоящее время ведут в основном по двум технологическим схемам. При первой применяют навесное оборудование к крану-трубоукладчику для выполнения всех операций: захвата трубы на берме и ее спуска на дно траншеи, центровки укладываемой трубы к уложенному участку трубопровода и стыковки труб. Вторая схема предусматривает выполнение центровочных и стыковочных операций базовой машиной с соответствующим оборудованием, перемещающейся по дну траншеи. Каждая из этих схем имеет свои области применения, обусловленные длиной и диаметром труб и шириной траншеи. При сходных параметрах преимуществом первой схемы является совмещение выполнения такелажных и стыковочных операций одной машиной (при условии предварительной отрывки приямков и устройства выкружки). Преимуществом второй схемы является возможность совмещения в одной машине оборудования для отрывки приямков и устройства выкружки с оборудованием для стыковки труб.

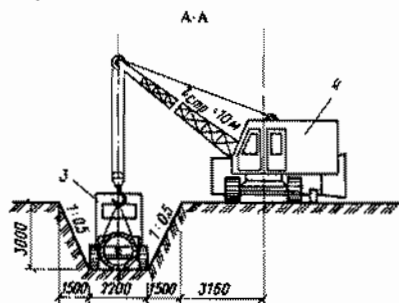
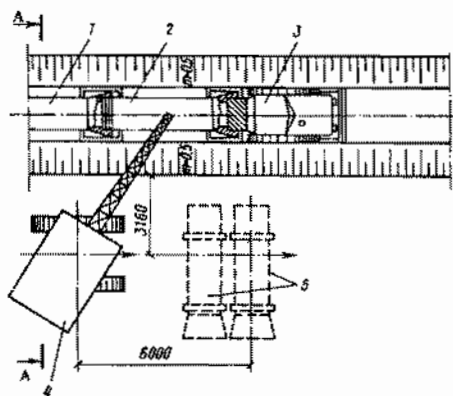


Рис. 10.8. Монтаж железобетонных труб диаметром 1000 - 1200 мм с помощью бульдозера: 1,2 - уложенная и укладываемая трубы; 3 - бульдозер Д-159Б; 4 - монтажный кран (Э-652Б); 5 - раскладка труб

Существующие методы монтажа железобетонных труб (особенно больших диаметров 1000, 1200 мм) не обеспечивают точной соосности при

монтаже укладываемой и ранее уложенной трубы. Обычно укладываемую трубу поддерживают на весу грузоподъемным механизмом, а другим механизмом (трактором, экскаватором) создают продольное усилие, обеспечивающее ввод гладкого конца в раструб уложенной трубы.

При этом, как показывает опыт, очень сложно обеспечить в стыке одинаковый кольцевой зазор между поверхностью гладкого конца трубы и внутренней поверхностью раструба, из-за чего резиновое кольцо, находящееся в этом зазоре, защемлено не одинаково по периметру труб. Поэтому резиновое кольцо не перекатывается равномерно по мере входа в раструб, а иногда перекручивается, что недопустимо. Сложно также обеспечить необходимый зазор в стыке между трубами, так как вдвигание трубы происходит до соприкосновения их в раструбе, часто без какого-либо контроля.

Навесное оборудование для механизированного монтажа железобетонных труб, исключающее указанные недостатки, разработано Тульским политехническим институтом совместно с трестом Туласспецстрой и другими организациями. Такое навесное оборудование (рис. 10.9, а) для **монтажа железобетонных напорных труб на резиновых уплотнительных кольцах** конструктивно выполнено в виде грузонесущей балки с подвеской к крюку крана-трубоукладчика. На балке размещены два захвата укладываемой трубы, захват ранее уложенной и привод горизонтальной подачи укладываемой трубы. Устройство имеет простую конструкцию и надежно в работе.

Для **монтажа железобетонных безнапорных труб с раструбно-винтовым соединением** разработано специальное навесное оборудование (рис. 10.9, б), которое состоит из рамы, роликовых захватов укладываемой трубы, захвата ранее уложенной трубы. К раме жестко прикреплены упоры, сопрягаемые с раструбом и втулочной частью уложенной трубы.

Для **механизированной зачеканки раструбных труб волокнистыми материалами** используют специальное устройство, которое содержит съемный узел зачеканки.

Трестом Спецтяжтрансстрой разработано устройство для **механизированной заделки стыков раструбных труб большого диаметра**. В этом устройстве чеканочная втулка снабжена вибровозбудителями, что обеспечивает повышенное качество запрессовки волокнистого материала в раструбную щель соединяемых труб.

Конструктивная схема специальной траншейной машины для монтажа раструбных труб приведена на рис. 10.9, в.

Для **монтажа бетонных труб с раструбно-винтовым соединением** разработано навесное оборудование к базовой машине, обеспечивающее монтаж таких бетонных труб.

Для обеспечения водонепроницаемости стыковых соединений нельзя допускать эллипсности труб, раструбов и муфт или плохого качества их поверхности, а также применять некачественные кольца.

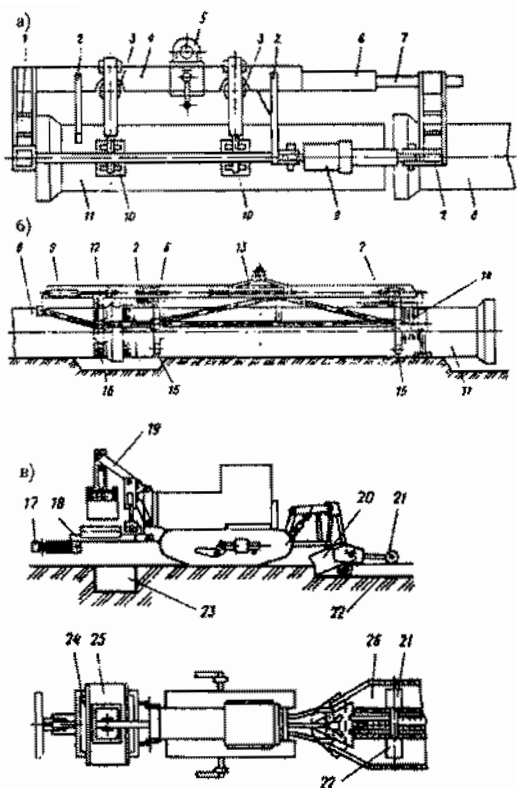


Рис. 10.9. Схемы навесного устройства для монтажа железобетонных труб на резиновых уплотнительных кольцах (а), навесного оборудования для монтажа труб с раструбно-винтовым соединением (б) и граншейной машины для монтажа раструбных труб (в):

1 - унор-фиксатор; 2 - фиксаторы трубы; 3, 9 - гидроцилиндры; 4 - траверса; 5 - скоба; 6 - втулка направляющая; 7 - шток; 8 - труба, ранее уложенная; 10 - захваты; 11 - труба укладываемая; 12 - фиксатор клиновидный; 13 - рама; 14 - привод вращения и осевой подачи трубы; 15 - роликовые захваты; 16 - захват ранее уложенной трубы; 17 - труботокающая поперечная балка на горизонтальной раме; 18 - грейферный ковш приямкокопателя; 19 - наклонная стрела приямкокопателя; 20 - плужный ложекопатель; 21 - дорожные уплотнители; 22 - ложе; 23 - приямок; 24 - окно для проруска ковша в забой; 25 - пассивный боковой расценватель; 26 - отвал

Основные требования, предъявляемые к качеству монтажа железобетонных трубопроводов: в процессе стыковки необходимо проверять равномерность размещения резинового кольца и его закатывания. Если наблюдается в некоторой части окружности отставание, необходимо «припудрить» в этом месте кольцо цементом, исключить дальнейшее неравномерное закатывание кольца; по мере укладки труб необходимо проверять прямолинейность трубопровода; в процессе монтажа нужно следить, чтобы внутренняя поверхность трубопровода не загрязнялась, внутри не оставались посторонние предметы. При перерывах в работе коцы уложенного трубопровода следует закрывать заглушками.

Кольца в щели раструбных и муфтовых соединений должны быть обжаты на 40 – 50% толщины их сечений. Нельзя допускать их перекручивания. При нарушении герметичности (водонепроницаемости) стыков их ремонтируют, для чего устанавливают дополнительные резиновые кольца или их отрезки на дефектное место с помощью специального съемного хомута (рис. 10.7, з).

### Монтаж трубопроводов с муфтовыми стыковыми соединениями.

После центровки и проверки правильности укладки труб по шнуру, отвесу и визирке на концах соединяемых труб делают разметку рисками, определяющими начальное положение резиновых колец, расстояния  $a$  и  $b$ . При монтаже труб муфту устанавливают в исходное положение так, чтобы ее торец с рабочей стороны совпадал с нанесенной на трубе риской. Резиновое кольцо размещают около рабочего кольца муфты, которое затем с помощью конопатки вводят с коническую щель муфты заподлицо с ее торцом. Одновременно на вторую трубу надевают другое резиновое кольцо, размещая его на расстоянии  $b$  от ее торца.

Далее с помощью монтажных приспособлений муфту продвигают в сторону стыкуемой трубы с одновременным закатыванием первого резинового кольца. По достижении муфтой на второй трубе риски  $b$  от ее торца в щель муфты вводят второе резиновое кольцо, благодаря чему обеспечивается необходимое конечное положение резиновых колец в стыке и его водонепроницаемость. Последовательность монтажа стыков труб с применением безбуртовых и одиобуртовых муфт показана на рис. 10.10.

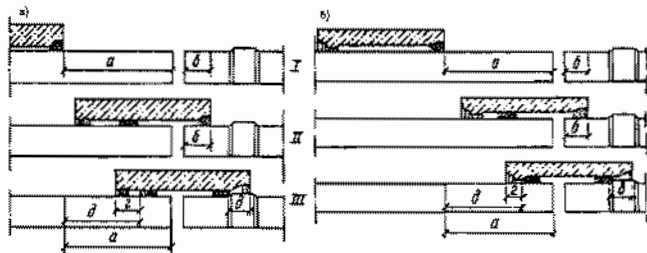


Рис. 10.10. Монтаж стыков труб с применением безбуртовых (а) и одиобуртовых (б) муфт: I - первая стадия монтажа и начальное положение первого резинового кольца; II - вторая стадия и начальное положение второго резинового кольца; III - конечное положение муфты и резиновых колец в смонтированном стыке

Расстояния  $a$ ,  $b$  и их фиксирующие конечное положение муфты и резиновых колец расстояния  $c$ ,  $d$  приведены в табл. 10.1.

Монтаж безнапорных трубопроводов осуществляют из бетонных и железобетонных труб на раструбных, муфтовых или фальцевых стыковых соединениях. Стыки раструбных труб уплотняют пеньковой прядью или другими герметиками с заделкой асбестоцементом или резиновыми кольцами, а фальцевых труб – асфальтовой мастикой, битумно-резиновыми прокладками и другими герметиками с заделкой цементно-песчаным раствором.

Безнапорные раструбные и муфтовые трубы соединяют с зазором между гладким концом трубы и поверхностью раструба, равным 10 и 15 мм для труб диаметром соответственно 700 и более 700 мм. Монтаж безнапорных трубопроводов из раструбных и муфтовых труб с уплотнением резино-

выми кольцами ведут теми же методами, что и напорных. Заделку стыков пенковой прядью производят путем конопатки раструба на половину его глубины двумя-тремя витками просмоленной или битуминизированной пенковой пряди с зачеканкой асбестоцементной смесью (30% асбеста, 70% цемента).

Монтаж трубопровода из фальцевых безнапорных труб сопряжен с необходимостью заделки фальцевых стыков. Стыки труб диаметром более 1000 мм заделывают по всему периметру пенковой прядью и затирают цементным раствором состава 1:1 с устройством снаружи пояса из этого раствора.

Таблица 10.1

**Расстояния при разметке положения муфты и резиновых колец перед началом монтажа (а, б) и от торцов муфты до резиновых колец в смонтированном стыке (в, г, д)**

Муфта	Расстояние, мм, от торца трубы до отметки на конце трубы		Расстояние от резинового кольца, мм		
			от торца муфты со стороны		до его начального положения, д
	без бурта, а	с буртом, б	рабочей, в	нерабочей, г	
Железобетонная: предварительно напряженная с металлической обечайкой	360	80	70	50	250
	370	70	70	20	
Асбестоцементная: с буртом	330	70	60	50	230
	330	80	60	70	230

Монтаж труб краном с помощью монтажной скобы ведут в такой последовательности: размечают положение трубы на основании; стропуют трубу и опускают ее в траншею; укладывают трубу на основание и выверяют ее положение; конопатят смоляной прядью и заделывают цементным раствором; обертывают стык арматурной сеткой и монолитизируют его. Стыки труб диаметром 2000 – 4000 мм, укладываемых на бетонное и железобетонное основание, заделывают торкретом по арматурной сетке.

### 10.5. Особенности монтажа железобетонных водоводов больших диаметров

Технология монтажа таких трубопроводов в значительной степени зависит от принятого типа стыковых соединений, которые бывают раструбные, муфтовые и фальцевые. В настоящее время такие водоводы прокладывают преимущественно из раструбных напорных труб на резиновых уплотнителях.

Гибкое раструбное соединение состоит из следующих элементов: заходной конической части нормализованной (калиброванной) внутренней части раструба и гладкого (штулочного) конца трубы, а также упора, препятствующего выдавливанию резинового уплотнителя из раструбной щели при

воздействии внутреннего гидравлического давления. Резиновое уплотнительное кольцо надевают на трубы с натяжением 8 – 14%, так как внутренний диаметр кольца составляет 86 – 92% наружного диаметра калибровочного втулочного конца трубы. Такая конструкция стыкового соединения рассчитана на восприятие угловых деформаций труб до 1,5°, поэтому при монтаже между стыкуемыми трубами требуется оставлять зазор до 20 мм в зависимости от условного диаметра труб.

Рекомендуются следующие размеры резиновых колец для труб больших диаметров:

Условный проход трубы, мм	1400	1600	2000
Внутренний диаметр резинового кольца, мм	1440	1650	2055
Диаметр сечения резинового кольца, мм	25	30	28

Обычно принимается такая последовательность монтажа железобетонных трубопроводов: раскладка труб вдоль траншеи, проверка соответствия труб и резиновых колец требованиям укладки и ТУ, очистка трубы от грязи, наплывов бетона и т.п., одевание резинового кольца на внутренний конец трубы, подача первой трубы в траншею, устройство концевой упора, подача очередной трубы, выверка положения трубы, стыковка труб, контроль качества стыкового соединения и зазора состыкованных труб; заделка стыка (после монтажа нескольких труб).

**Разгрузка и раскладка труб.** Раскладку труб в трассовых условиях осуществляют либо по параллельной схеме (трубы раскладывают в таком порядке, в каком они должны быть уложены), либо по поперечной схеме, т.е. перпендикулярно оси траншеи (рис. 10.11, а). При расположении крана у бровки траншеи трубы раскладывают за краном, если ширина монтажной площадки ограничена – вдоль бровки траншеи. Однако в этом случае кран может подойти к трубам только с одной стороны, что значительно ограничивает возможность его маневра.

При разгрузке железобетонных труб запрещается: сбрасывать их с транспорта, ударять между собой, цеплять тросом и крюками, перемещать по земле волоком. Раскладка должна вестись на спланированной поверхности. Для удобства захвата и сохранности раструбной части трубы укладывают на деревянные подкладки. Высоту подкладок выбирают с учетом исключения опирания раструба на землю. Подкладки устанавливают на расстоянии 1 м от торцов трубы.

Разгрузка, раскладка и подача в траншею труб диаметром 2000 мм осуществляется мощными кранами типа ДЭК-50 (самостоятельно или в комплексе с краном ДЭК-25 для разгрузки труб). Из кранов-трубоукладчиков для этих целей может быть использован ТГ-801 при условии, если глубина траншей не превышает 4 м.

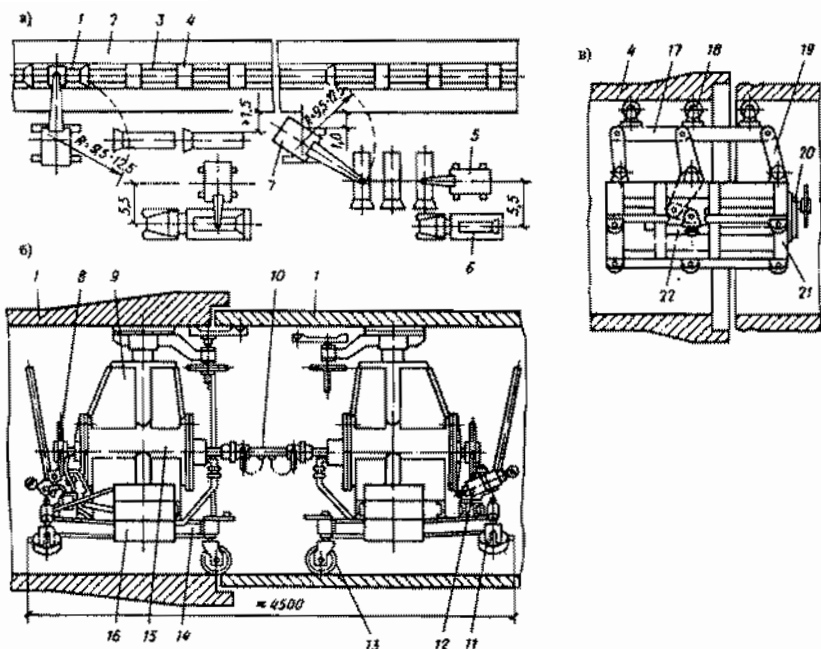


Рис. 10.11. Схемы разгрузки, раскладки и подачи железобетонных труб диаметром 2000 мм в траншею (а), домкрата-стыкователя (б) и синхронизатора МВ-17 (в): 1 - труба; 2 - траншея; 3 - ложе под трубу; 4 - приямок; 5 - кран ДЭК-251; 6 - трубовоз; 7 - кран ДЭК-50; 8 - винт; 9 - корпус; 10 - тяга; 11 - поворотное колесо; 12 - гидронасос; 13 - неповоротное колесо; 14 - рама домкрата; 15 - распорно-тяговое устройство; 16 - опорная лапа; 17 - балка; 18 - ролик; 19 - стойка; 20 - механизм фиксации; 21 - рама; 22 - подвижная траверса

При доставке железобетонных труб транспортными средствами поодиночно кран ДЭК-25 производит их разгрузку и раскладку параллельно оси траншеи на расстоянии 1,5 м от бровки траншеи до самой трубы (см. рис. 10.11, а). При доставке одновременно двух труб одним трубовозом кран производит поворот только на  $90^{\circ}$  и раскладывает трубы перпендикулярно к оси траншеи. При раскладке труб по первой схеме (параллельно оси траншеи) трубовоз должен сразу же отъехать во избежание столкновения с хвостовой частью кабины крана. При раскладке труб по второй схеме (перпендикулярно оси траншеи) кран, поворачиваясь на  $90^{\circ}$ , не задевает трубовоз. Следует избегать ограничения маневра крана, подающего трубы в траншею, обеспечивать более свободный его проход. При работе крана ДЭК-25 расстояние между его поворотной частью и другими предметами должно быть не менее 1 м.

Установка и перемещение крана на свеженасыпанном не утрамбованном грунте, а также на уклонах, более указанных в их паспорте, не разрешаются. На увлажненном основании кран должен работать с инвентарных пе-

реносных щитов. Поэтому при разгрузке, раскладке и подаче труб диаметром 2000 мм по возможности следует применять краиы-трубоукладчики, выполняя подрезку и планировку бермы траншеи, когда вылета стрелы трубоукладчика недостаточно.

Пригодность трубы определяют по заводской маркировке ОТК и характеристике, нанесенной несмываемой краской на ее поверхность. Проводят тщательный визуальный осмотр, особое внимание обращают на раструбную и втулочные части. Герметичность стыковых соединений труб зависит от качества внутренней поверхности раструба и наружной поверхности гладкого (втулочного) конца трубы в месте расположения резинового уплотнительного кольца. Упорный буртик должен быть сплошным и иметь нормированные размеры.

**Монтаж труб.** До начала монтажных работ необходимо устроить упор, в который закоривают первую трубу. В конце прокладываемого участка трубопровода устраивают второй упор, который, как и первый, используют при гидравлическом испытании. Если трубопровод имеет криволинейные участки, то для восприятия боковых усилий следует устанавливать боковые упоры.

Перед опусканием в траншею внутреннюю поверхность труб следует очистить от загрязнений и посторонних предметов. В зимнее время во избежание образования наледи буртовой конец труб и внутренняя поверхность раструба должны быть защищены от попадания атмосферных осадков.

После проверки и очистки трубу готовят к стыковке. Для железобетонных труб, имеющих на втулочной части канавку, стыковку выполняют следующим образом: в канавку втулочной части трубы устанавливают резиновое кольцо, причем без перекручивания; для облегчения стыковки внутреннюю поверхность раструба ранее уложенной трубы и наружную поверхность резинового кольца, одетого на втулочную часть монтируемой трубы, смазывают мыльным раствором или графитно-глицериновой смазкой.

Подготовка к стыковке железобетонных труб с гладкой втулочной частью заключается в следующем: на втулочный конец трубы надевают резиновое кольцо (наружная поверхность втулочного конца трубы должна быть чистой и сухой, для чего ее протирают сухой тряпкой и высушивают сухим цементом или мелом в порошке); начальное положение резинового кольца следует считать правильным, если оно расположено без перекручивания по всей своей окружности; для облегчения стыковки наружную поверхность резинового кольца припудривают сухим цементом или мелом в порошке для предохранения его при закатывании в раструбную щель.

*Стыковку железобетонных труб* осуществляют стягиванием или надвижкой, требующих значительных усилий. Для реализации этих способов создано большое количество различных машин, оборудования, приспособлений, частично упоминавшихся ранее.



Стыковку железобетонных труб диаметром до 1200 мм производят с помощью реечного домкрата и бетонного упора; натяжного приспособления с винтовой распоркой; рычажной лебедки; бульдозера или трактора; ковша экскаватора (см. рис. 10.7). Монтаж труб этими способами требует в большинстве случаев затрат тяжелого физического труда, малопроизводителен и не всегда удовлетворяет требованиям качества стыковки.

С увеличением диаметра труб существенно возрастает усилие, необходимое для их стыковки. Например, для стыковки напорных железобетонных труб диаметром 2000 мм необходимо усилие 150 кН. В связи с этим большинство ранее рассмотренных натяжных приспособлений использовать не представляется возможным и целесообразным.

При использовании бульдозера для стыковки необходимо рыть широкую траншею независимо от диаметра укладываемых труб. При использовании толкачей возможны нарушения поверхностей труб ввиду отсутствия приспособлений (связующего звена) между стыкуемой трубой и машиной.

В этом отношении более эффективным является применение стыковочного устройства машины МВ-8.

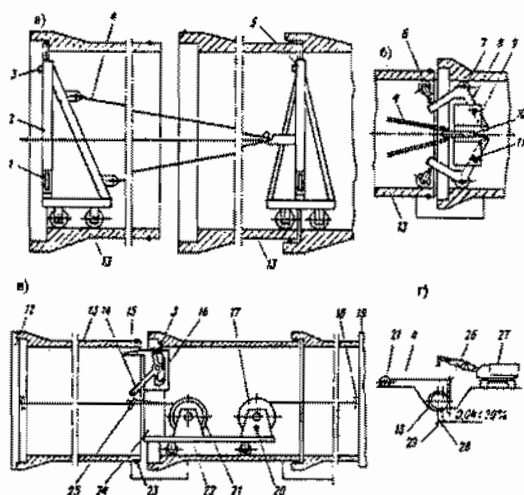
Машины ММТ и МВ-8 обеспечивают стыковку железобетонных труб диаметром до 1200 мм, машина МВ-15 железобетонных труб диаметром 1400 – 2000 мм. Ленинградский филиал института Оргэнергострой создал домкрат-стыкователь для железобетонных труб диаметром 2000 мм (рис. 10.11, б). Процесс стыковки выполняется двумя одновременно работающими домкратами.

При стыковке труб большого диаметра важно обеспечить их соосность. В какой-то мере это выполняется в рассматриваемых стыковочных машинах, устройствах и приспособлениях. Но в большинстве случаев приходится применять специальные приспособления, чтобы обеспечить лучшее качество и уменьшить трудоемкость процесса стыковки железобетонных труб.

В комплексе машин МВ создан центратор МВ-17 (рис. 10.11, в), обеспечивающий соосность стыкуемых труб. При вращении штурвала происходит поворот рычагов, которые расходятся в радиальном направлении, роликами фиксируют соосность внутренних поверхностей стыкуемых труб. Вместе с тем опыт применения этого оборудования позволил убедиться в громоздкости конструкции рассмотренного домкрата-стыкователя, невозможности осуществить расстыковку труб при перекосах. Эти и другие причины потребовали разработки и создания более простых и дешевых стыковочных машин.

Одним из более простых предложенных устройств является приспособление для стыковки труб к бульдозеру (рис. 10.12, а), которое состоит из двух однотипных тележек – якорной и стыкующей. Тележки в трех местах (через 120° в вертикальной плоскости) оборудованы выдвижными опорными плитами, фиксирующимися пальцами. Перекатывание тележек внутри трубы производится вручную. В монтажном положении концы троса закрепляют на стыкующей тележке и через блок якорной тележки прикрепля-

ют к бульдозеру, производящему на дне траншеи планировочные работы. Бульдозер при рабочем ходе производит стыковку труб.



**Рис. 10.12. Приспособления и устройства для монтажа железобетонных напорных труб больших диаметров:** а - приспособление для стыковки труб к бульдозеру; б - внутритрубный якорь; в - устройство для монтажа труб диаметром 2000 мм; г - схема работ при устройстве криволинейных участков трубопровода; 1 - лапа; 2 - монтажная тележка; 3 - фиксатор; 4 - трос; 5 - якорная тележка; 6 - ролик-ловитель; 7 - опорный ролик; 8 - рычаг; 9 - корпус; 10 - кольцо; 11 - ось; 12 - упорная балка; 13 - труба; 14 - расстыковочный рычаг; 15 - направляющая; 16 - стойка; 17 - барабан; 18 - якорь; 19 - упор; 20 - стопор; 21 - лебедка; 22 - тележка; 23 - уплотнительное кольцо; 24 - рама; 25 - тройник; 26 - рычаг-стойка; 27 - кран; 28 - ось уложенной трубы; 29 - ось укладываемой трубы

Недостатком этого устройства является использование стыковой щели в качестве упорной поверхности. Поэтому более целесообразно якорную тележку сделать по принципу действия грузозахватных устройств. Такое устройство состоит из корпуса, в котором смонтированы радиально расположенные двуплечие рычаги (три или четыре). На рычагах смонтированы подпружиненные и неподвижные ролики. Концы рычагов, находящихся в центре якоря, посредством кольца и гибкой связи соединены тросом, который крепят к бульдозеру или тяговому механизму (рис. 10.12, б).

При натяжении троса якорь фиксируется (заклинивается) в трубе на роликах при повороте двухплечих рычагов. Ролики при этом в некоторой степени играют роль центратора, т.е. обеспечивают соосность стыкуемых труб. Специалистами предложено устройство для монтажа трубопроводов диаметром 2000 мм (а. с. №1237752), отличающееся расстыковочным узлом (рис. 10.12, в).

Технология монтажа труб с применением домкрата-стыкователя более эффективна в увлажненных грунтах, где приходится устраивать искус-

ственное основание из песка или другого фильтрующего материала, особенно в тех случаях, когда машина МВ-15 не может находиться на дне траншеи. При применении домкрата-стыкователя необходимо избегать попадания воды на дно стыкуемых труб. Это усложняет монтаж и перемещение домкрата внутри труб, в связи с чем приходится использовать пять-шесть рабочих.

Монтаж криволинейных участков железобетонных труб диаметром 2000 мм производят краном ДЭК-50 с помощью рычага-стойки, троса и лебедки (рис. 10.12, г). Рычаг-стойку заякоривают у трубы со стороны крапа, а лебедку устанавливают на противоположной берме траншеи. Ось трубопровода криво участка разбивается установкой контрольных вешек через каждые 5 – 10 м. Укладку труб производят после полной отрывки траншеи и подготовки ложа. Допуск на смещение оси укладываемой трубы относительно уложенной не должен превышать 20% проектной величины (0,04 м для трубы диаметром 2000 мм). При монтаже втулочный конец укладываемой трубы вводят в раструбию часть до ограничительного упора, а затем стыкуемую трубу разворачивают в нужном направлении на проектный угол.

#### **10.6. Монтаж трубопроводов из полимерных (пластмассовых) труб**

Для прокладки трубопроводов системы водоснабжения и канализации используют преимущественно трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД), высокого давления (ПВД) и из поливинилхлорида (ПВХ), причем для целей водоснабжения применяют полиэтиленовые трубы.

**Типы соединений пластмассовых труб и способы их устройства.** При прокладке наружных водопроводов из ПНД и ПВД основным способом соединения труб является их сварка нагревательным инструментом встык. При устройстве самотечных трубопроводов канализации трубы из ПНД соединяют таким же способом.

Трубы из ПВХ соединяют в основном на клею (марки ГИПК-127) врасруб. Однако, учитывая, что требуется тщательная очистка склеиваемых поверхностей и аккуратное нанесение клея, в последнее время для соединения труб из ПВХ широко используют раструбные соединения, уплотняемые резиновыми манжетами различного профиля, а также кольца круглого сечения.

Сварку полиэтиленовых труб, чаще всего контактную, осуществляют встык (стыковая), в расруб с лнтыми фасонными частями и в формованный расруб (раструбная сварка). При сварке труб особое внимание следует обращать на наружный диаметр труб и их эллипсность (овальность). При стыковой сварке максимальное несовпадение кромок не должно превышать 10% толщины стенки, а наружный 900 мм и 1,5 мм – диаметром до 1200 мм. Концы труб при раструбной сварке должны иметь наружную фаску под углом 45°.

Сварку пластмассовых труб в монтажных условиях выполняют, как правило, на сварочных установках, обеспечивающих механизацию основных процессов сварки и контроль технологического режима. В малоудобных местах (траншеях, каналах, колодцах и т.п.) трубы сваривают вручную с использованием устройств для торцовки и центрирования, а также нагревательных инструментов. Последние должны быть электрическими с возможностью поддержания терморегулятором и автотрансформатором постоянной температуры на рабочей поверхности нагревателя. Для предотвращения прилипания расплавленного материала труб нагреватель следует покрывать чехлом из термостойкого антиадгезионного покрытия (стеклоткани, пропитанной политетрафторэтиленом), пленкой из этого материала или кремнийорганического лака.

Контактная сварка труб осуществляется в такой последовательности: установка и центрирование труб в зажимном центрирующем приспособлении; торцовка труб и обезжиривание торцов; нагрев и оплавление свариваемых поверхностей; удаление сварочного нагревателя; соединение разогретых свариваемых торцов труб под давлением (осадка); охлаждение сварного шва под осевой нагрузкой. Для получения прочных и качественных стыков труб необходимо строго соблюдать основные параметры сварки – температуру и продолжительность нагрева, глубину оплавления, контактное давление при оплавлении и осадке. Основные требования, которые необходимо соблюдать при сварке труб, приведены в табл. 10.2.

*Склеивание поливинилхлоридных (винилпластовых) труб осуществляется в основном в раструб. Процесс склеивания труб и соединительных частей из ПВХ состоит из следующих операций: подготовка концов труб и раструбов под склеивание. Склеивание и отверждение соединений. Склеиваемые поверхности труб и раструбов обезжиривают метилснхлоридом. После этого клей наносят тонким слоем на раструб и толстым на конец трубы. Склеивать трубы и фасонные части можно при температуре наружного воздуха не ниже 5 °С. Склеенные стыки в течение 5 мин не должны подвергаться никаким механическим воздействиям. Склеенные плети и узлы перед монтажом должны выдерживаться не менее 24 ч после склеивания.*

*Соединение труб из ПВХ на раструбах с резиновыми кольцами.* Напорные раструбные трубы в траншее соединяют в следующем порядке. Вначале очищают от грязи и масел гладкий конец и раструб соединяемых труб, после чего на гладком конце карандашом или мелом размечают глубину вдвигания его в раструб. Затем в паз раструба вставляют резиновое кольцо, смазывают его и гладкий конец жидким мылом, после чего вдвигают его в раструб до отметки. При соединении безнапорных канализационных труб из ПВХ наряду с раструбом применяют муфты, однако технология их соединения с использованием резиновых колец аналогична вышеописанной. Для сборки раструбных соединений напорных и канализационных труб применяют натяжные приспособления.

Таблица 10.2

**Технологический режим контактной стыковой сварки пластмассовых труб диаметром до 630 мм**

Показатели	Значения показателей при сварке труб из	
	ПВД	ПНД
Температура сварки, °С	190±10	220±10
Давление при нагреве торцов труб, МПа	0,05	0,06 – 0,08
Глубина проплавления кромки труб, мм	1 – 2	1 – 2
Время нагрева, с, при толщине стенок труб, мм ( $t_{\text{воз}}=20^{\circ}\text{C}$ ):		
4	35	50
6	50	70
8	70	90
10	85	110
12	100	130
14	120	160
16	160	200
18 – 20	200	250
Продолжительность технологической паузы, с	2 – 3	2 – 3
Давление осадки, МПа	0,1	0,2
Время под давлением (осадка), мин, при толщине стенки, мм:		
4 – 6	3 – 4	3 – 5
7 – 12	5 – 8	6 – 9
13 – 17	10 – 15	10 – 15
18 – 20	20 – 25	24 – 32

*Оборудование для сварки и монтажа пластмассовых трубопроводов.* Для сварки труб из полиэтилена разработаны и выпускаются передвижные установки и монтажные приспособления. Сейчас используют три вида установок для сварки труб диаметром 160 – 315, 355 – 630 и 710 – 1200 мм. Передвижная установка НИИ Мосстроя для сварки труб диаметром 160 – 315 мм (рис. 10.13, а, б) включает подвижный и неподвижный комуты для зажима труб, механизм обработки торцов труб перед сваркой, электроннагревательный диск для оплавления торцов труб, механическую силовую систему для создания давления в процессе оплавления и осадки, а также пульт управления.

Установка для сварки труб диаметром 355 – 630 мм представлена на рис. 10.13, в. В ее состав входят гидроцилиндры подъема и опускания механизма для обработки торцов труб, роликовые опоры и шатер. Установка для сварки труб диаметром 710 – 1200 мм (рис. 10.13, г) состоит из собственно сварочной установки, переносных направляющих на опорах, базовой грузоподъемной и энергопитающей машины (трубоукладчика – бульдозера, оборудованного электрогенератором).

Институтом электросварки им. Е.О. Патона разработана система установок УСТТ для стыковой сварки в монтажных условиях пластмассовых труб диаметром 63 – 1200 мм. Система включает шесть установок, каждая из которых содержит центратор, торцующее устройство, нагревательный инструмент, блок управления.

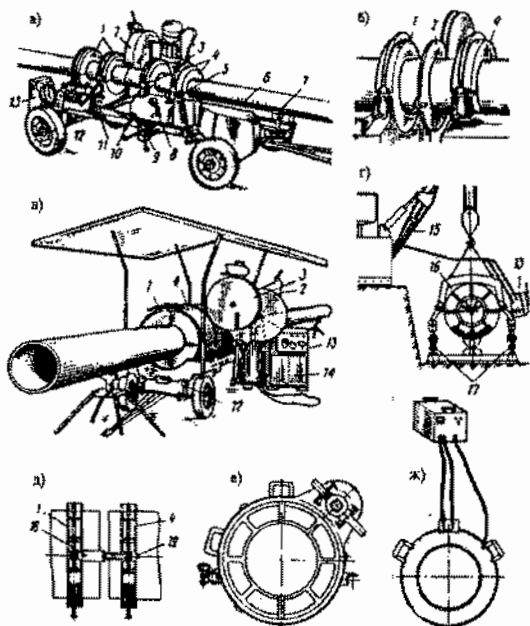


Рис. 10.13. Установки и оборудование для сварки пластмассовых (полиэтиленовых) труб: а - установка для сварки труб диаметром 160 - 315 мм; б - деталь сварочного узла; в - установка для сварки труб диаметром 355 - 630 мм; г - то же, диаметром 710 - 1200 мм; д, е, ж - комплект для сварки труб диаметром 710 - 800 мм (д - центратор; е - торцующее устройство; ж - электронагреватель с источником питания); 1 - неподвижные хомуты; 2 - электронагревательный диск; 3 - торцевальной механизм; 4 - подвижные хомуты; 5 - переключатель; 6 - привариваемая труба; 7 - ролик; 8 - манометр для контроля усилий; 9 - система переключений; 10 - зажим; 11 - привод торцевого механизма; 12 - тележка; 13 - пульт управления; 14 - навесная станция; 15 - трубоукладчик-бульдозер; 16 - сварочная установка; 17 - направляющие пути; 18 - гидроцилиндры; 19 - направляющие

ВНИИСТом разработана передвижная автоматизированная установка УСПГ-7 для сварки труб диаметром до 355 мм в стационарных и полевых условиях. Применяются также установки ГипроНИИгаза для стыковой сварки труб диаметром 80 – 225 мм. Наряду с указанными передвижными установками для сварки пластмассовых труб диаметром 110 – 800 мм используют также комплекты оборудования, разработанные трестом Спецстроймеханизация (рис. 10.13, д, е, ж).

Укладку пластмассовых трубопроводов в траншею выполняют по двум основным схемам организации сварочно-монтажных работ – базовой и трассовой. При базовой схеме сварку труб выполняют вблизи объектного склада с предварительным соединением труб в секции длиной до 18 – 24 м и более, которые доставляют на трассу и там сваривают в плети или непрерывную нитку для укладки в траншею. При трассовой схеме трубы раскладывают вдоль траншеи и сваривают с применением передвижных сварочных установок в непрерывную нитку методом наращивания.

Укладка трубопроводов отдельными трубами. Перед укладкой трубы тщательно осматривают и отбраковывают. Количество раскладываемых

мых вдоль траншеи труб зависит от достигнутой сменной выработки. Трубы на берме траншеи часто сваривают в секции или плети, которые затем опускают в траншею на мягких полотноцах. Однако в производственных условиях, особенно в зимний период, монтаж трубопроводов ведут из отдельных труб и соединяют их в траншее склеиванием или на резиновых кольцах методом наращивания.

Укладка звеньями (секциями) и плетями позволяет значительно сократить количество сварных стыков на трассе, повысить производительность труда, темпы прокладки трубопровода и качество работ.

Секции доставляют на трассу и раскладывают вдоль траншеи, а затем укладывают в траншею и там их соединяют. Иногда секции предварительно соединяют на берме в плети длиной 100 – 200 м, после чего их опускают в траншею. Подготовленную плеть в траншею опускают вручную (при небольшом диаметре труб) или с помощью кранов. Укладывать плеть в траншею допускается не ранее, чем через 2 ч после сварки последнего стыка. Опускают ее в траншею плавно с помощью пеньковых канатов, мягких полотенец или ремней, располагаемых на расстоянии 5 – 10 м друг от друга, не допуская резких перегибов плети. Сбрасывать сварные плети на дно траншеи не допускается.

Прокладка пластмассовых трубопроводов больших диаметров (до 1000 мм и более) производится способом протягивания плети по дну траншеи или опускания подвешенных к крану труб. Каждый из этих способов имеет свои особенности и область применения. Способом протягивания чаще всего укладывают полиэтиленовые трубопроводы в сухих грунтовых условиях. При этом сварочную установку стационарного типа и направляющие размещают в траншее, после чего трубу последовательно соединяют в непрерывную нитку. Отгорцованные трубы спускают в траншею и укладывают на зажимы сварочной установки, затем их сваривают, после чего трубопровод протягивают вперед лебедкой или другими механизмами.

В плотных и твердых грунтах перед укладкой труб на дне траншеи необходимо устраивать постель из насыпного грунта слоем 10 см, а при укладке труб из ПВХ на искусственное (бетонное) основание устраивают песчаную постель. При засыпке этих труб над их верхом обязательно устраивают защитный слой из песчаного или местного грунта толщиной 80 см. Для уменьшения напряжения в пластмассовом трубопроводе или его деформации в летнее время рекомендуется перед засыпкой заполнять его водой, а засыпку производить в наиболее холодное время суток.

## Глава 11. ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ

### 11.1. Монтаж чугунных трубопроводов

Доставленные на трассу строительства трубы подвергают приемке и проверке качества. Каждую трубу осматривают для обнаружения трещин, раковин, наростов и других дефектов. Трубы с такими дефектами, а также издающие дребезжащий звук (из-за трещин, скрытых под изоляцией), к укладке не допускаются. При приемке труб проверяют наружный диаметр цилиндрической их части и внутренние диаметры раструбов.

Для обеспечения водонепроницаемости стыковых соединений к чугунным трубам и резиновым уплотнительным манжетам предъявляются следующие требования:

- 1) поверхности гладких концов труб, а также внутренние поверхности раструбов должны быть гладкими, без наплывов и продольных рисок;
- 2) овальность не должна выходить за пределы допускаемых отклонений по наружному диаметру гладкого конца к внутреннему диаметру раструба;
- 3) резина манжет должна обладать необходимыми физико-механическими свойствами и, кроме того, не должна содержать вредных веществ, влияющих на вкус, цвет и запах питьевой воды. Поверхность манжет должна быть гладкой, без трещин, пузырей, посторонних включений и других дефектов.

Трубы вдоль траншеи раскладывают на расстоянии не менее 1 – 1,5 м от бровки траншеи (рис. 11.1, а), располагая их в таком направлении, в каком они должны быть уложены в траншее (движение жидкости по будущему трубопроводу должно происходить от раструба к гладкому концу).

В начале монтируемого участка трубопровода, особенно при заделке раструбных стыков самоуплотняющимися резиновыми манжетами, устраивают концевой бетонный упор для первых труб. Легкие трубы (диаметром до 200 мм) опускают в траншею вручную с помощью каната, который пропускают внутри трубы или которым обвязывают трубу у концов. Трубы диаметром более 200 мм укладывают обычно с помощью монтажных стреловых кранов или кранов-трубоукладчиков. Причем трубы в траншею укладывают стреловыми (автомобильными, пневмоколесными, гусеничными) кранами при такой их раскладке на берме, когда в процессе монтажа требуется после строповки трубы ее подъем и поворот (см. рис. 11.1, а), а кранами-трубоукладчиками – в том случае, когда трубы разложены таким образом (см. рис. 11.2), когда не требуется поворот крана.



Опущенную в траншею трубу заводят гладким концом в раструб ранее уложенной. При этом следят, чтобы он не доходил до упора раструба на расстояние, равное в зависимости от диаметра труб от 5 до 9 мм при заделке стыка прядью и от 5 до 10 мм при заделке резиновой манжетой. Для проверки наличия такого зазора применяют проволочный крюк-шаблон (рис. 11.1, б), который после ввода в раструб поворачивают на 90°.

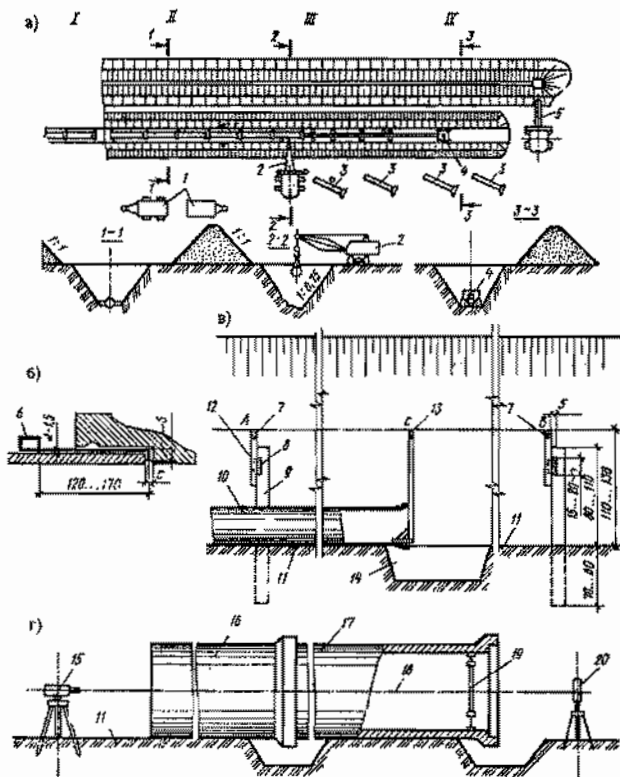


Рис. 11.1. Схема укладки чугунных труб в траншею: 1 - предварительное гидравлическое испытание; II - присыпка грунтом до 0,5 диаметра с уплотнением; III - укладка труб и монтаж; IV - устройство профилированного основания; 1 - передвижные временные здания; 2 - гусеничный кран; 3 - трубы (раскладка); 4 - бульдозер; 5 - экскаватор; 6 - проволочный крюк-шаблон; 7 - постоянная визирка; 8, 9 - доска и столбы обноски; 10 - труба; 11 - дно траншеи; 12 - полочка; 13 - ходовая визирка; 14 - приямок для стыкования труб; 15 - лазерный нивелир; 16 - уложенная труба; 17 - укладываемая труба; 18 - ось трубопровода (луч лазерного нивелира); 19 - полупрозрачный экран для центрирования луча; 20 - экран

После заводки гладкого конца чугунной трубы в раструб ранее уложенной производят ее центрирование, затем приступают к центрированию раструбного конца укладываемой трубы по оси трубопровода в горизонтальном и вертикальном направлениях. В горизонтальном направлении тру-

бы центрируют с помощью отвеса, подвешенного к тонкой проволоке, которую натягивают между обносками по осн трубопровода. Центрирование в вертикальном направлении часто необходимо для укладки труб по заданному уклону и поэтому положение раструбного конца укладываемой трубы проверяют или путем визирирования, или с применением лазерного нивелира. При способе визирирования в начале и конце укладываемого участка трубопровода устанавливают обноски (рис. 11.2, в), к которым прикрепляют постоянные визирки, верхние кромки которых А и В находятся на одинаковой высоте от трубы с учетом заданного уклона. Высота этих визирок должна быть примерно на уровне глаз. Таким образом, визириная ось АВ будет параллельна проектной оси трубопровода. Для проверки правильности укладки труб делают ходовую визирку длиной, равной расстоянию от лотка трубы до оси АВ. В процессе укладки каждой трубы на ее лоток устанавливают ходовую визирку (рис. 11.2, в). Взглядом с одной неподвижной визирки А на другую В проверяют положение ходовой визирки в точке С. Постоянные визирки в траншеях с откосами устанавливают непосредственно в траншее, а при укладке труб в траншеи с вертикальными откосами и креплениями их устанавливают над траншеей.

При укладке труб по заданному уклону с помощью лазерного нивелира (рис. 11.1, г) его устанавливают в начале участка и налаживают так, чтобы его луч в точности совпадал с продольной осью трубопровода. С этой целью в конце участка ставят экран, центр concentрических окружностей которого должен совпасть с осью будущего трубопровода. Оптическую трубу лазерного нивелира наводят на экран так, чтобы «зайчик» луча точно попал в центр concentрических окружностей, что свидетельствует о совмещении луча с осью трубопровода. Схема организации работ при укладке труб краном-трубоукладчиком приведена на рис. 11.2.

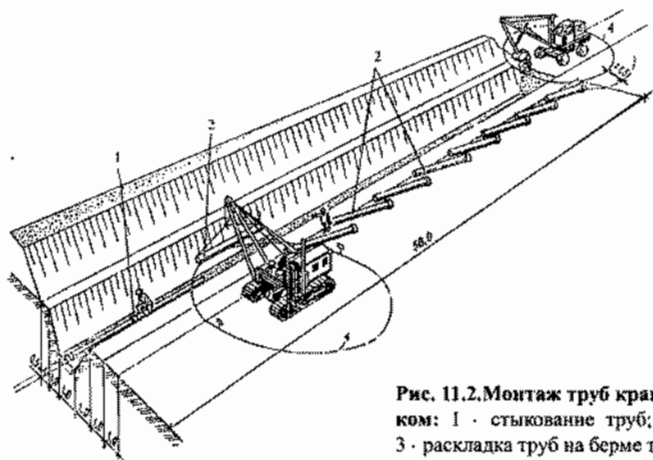


Рис. 11.2. Монтаж труб краном-трубоукладчиком: 1 - стыкование труб; 2 - укладка труб; 3 - раскладка труб на берме траншеи; 4 - рабочая зона экскаватора

Герметичность и водонепроницаемость раструбных стыков чугунных трубопроводов достигается заделкой раструбной щели пеньковой просмоленной и битуминизированной прядью с последующим устройством замка из асбестоцементной смеси, удерживающего прядь от выдавливания гидравлическим давлением. Иногда вместо нее применяют цементный раствор и в исключительных случаях — свинец. В последнее время применяют мастики-герметики. При заделке стыков самоуплотняющимися резиновыми манжетами устройство замков не требуется.

**Заделка раструбных стыков прядью.** Пеньковую прядь вводят в раструбную щель до упора раструба на такую глубину, чтобы осталось место для устройства замка. Поскольку толщина жгута из пряди несколько превышает ширину раструбной щели, его проталкивают в стык с помощью конопатки. Сначала от руки, а затем сильными ударами молотка (при ручной чеканке) жгут вводят в кольцевой зазор. При механической чеканке жгут уплотняют пневматическим инструментом. Для создания требуемой герметичности стыка обычно закладывают в щель два - три жгута, причем так, чтобы захлесты их не совпадали по длине окружности. После заделки стыка прядью делают асбестоцементный замок. Асбестоцементную смесь в зазор укладывают слоями-валиками (по три - четыре слоя) и уплотняют че-

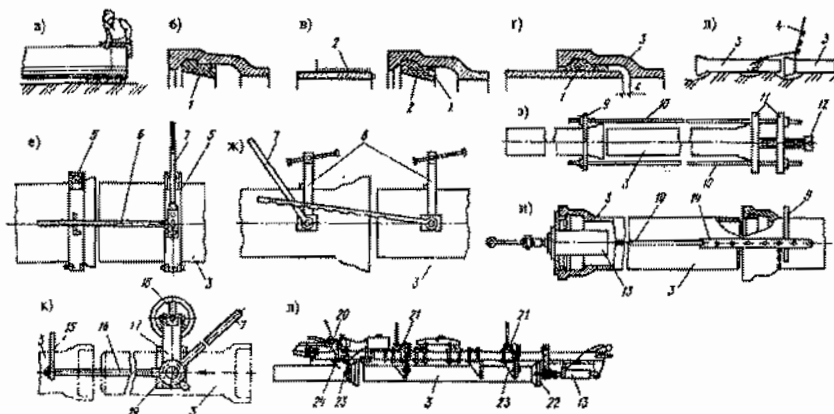


Рис. 11.3. Последовательность устройства стыков чугунных труб на резиновых манжетах и применяемые монтажные приспособления: а - разметка линии ограничения (Л.О.) ввода гладкого конца в раструб; б - закладка резиновой манжеты; в - смазка гладкого конца трубы и манжеты; г - смонтированный готовый стык; д - рычажно-тросовое приспособление; е - реечное приспособление с зубчатой рейкой и двумя хомутами-захватами; ж - то же, с двумя винтовыми захватами; з - монтажное приспособление с центральным торцовым винтом; и - приспособление с гибкими тягами и гидроцилиндром; к - приспособление треста "Востокгидроспецстрой"; л - то же, треста "Укрводстрой"; м - резиновая манжета; н - смазка; о - монтажная труба; п - рычажно-тросовое приспособление; р - хомуты; с - зубчатая рейка; т - рычаг; у - винтовые захваты; ф - тяга; х - упоры; ц - винт с ручкой; ч - гидроцилиндр; ш - регулировочные планки; щ - скоба; з - трос; ж - корпус приспособления; з - винт со штурвалом; и - колодки; и - гидрораспределитель; л - грузозахватные устройства; м - быстроразъемные захваты; н - упорное седло; о - насос

качками с помощью молотка. Заделанный стык укрывают на 1 – 2 сут. влажной мешковиной для создания благоприятных условий схватыванию и твердению асбестоцементной смеси.

**Монтаж и устройство стыков на резиновых манжетах.** При монтаже чугунных труб со стыковыми соединениями на резиновых манжетах стык уплотняется благодаря радиальному сжатию манжеты в раструбной щели. Трубы на стыках с самоуплотняющимися резиновыми манжетами монтируют следующим образом. Трубу краном подают в траншею по направлению укладки трубопровода на расстоянии 0,4 ... 0,5 м от раструба уложенной трубы, удерживая ее на весу. Далее с помощью шаблона и мела размечают линии ограничения (Л.О) ввода гладкого конца в раструб с учетом необходимого зазора (рис. 11.3, а), после чего в паз раструба закладывают резиновую манжету (рис. 11.3, б). Одновременно наружную поверхность гладкого конца трубы до линии ограничения и внутреннюю поверхность манжеты смазывают графитно-глицериновой смазкой (рис. 11.3, в), а затем монтируемую трубу центрируют и с помощью монтажного приспособления вводят в раструб ранее уложенной до ограничительной линии (рис. 11.3, г). Поскольку при монтаже стыков чугунных труб на резиновых манжетах требуются большие усилия, применяют различные приспособления и устройства, приведенные на рис. 11.3, д ... л. После ввода втулочного конца трубы в раструб ранее уложенной центрируют раструбный конец укладываемой трубы и закрепляют положение ее подсыпкой грунта в пазухи с уплотнением до половины диаметра, оставляя не засыпанными приямки и стыковые соединения.

Основная задача при монтаже чугунных труб на резиновых манжетах – создание осевого усилия, необходимого для соединения труб. На практике получили распространение несколько типов приспособлений для стыковки труб (см. рис. 11.3). Основой простейшего из них является домкрат, расположенный между захватами укладываемой и ранее уложенной трубы.

Однако в последние годы в целях ускорения и облегчения процесса монтажа чугунных труб на резиновых уплотнителях на практике созданы и применяется ряд новых более эффективных приспособлений в виде навесного оборудования. На рис. 11.4,а представлено такое устройство для монтажа чугунных раструбных труб диаметром от 100 до 250 мм с резиновыми уплотнительными манжетами.

Применение указанного устройства позволяет повысить производительность труда и снизить трудоемкость монтажа трубопроводов.

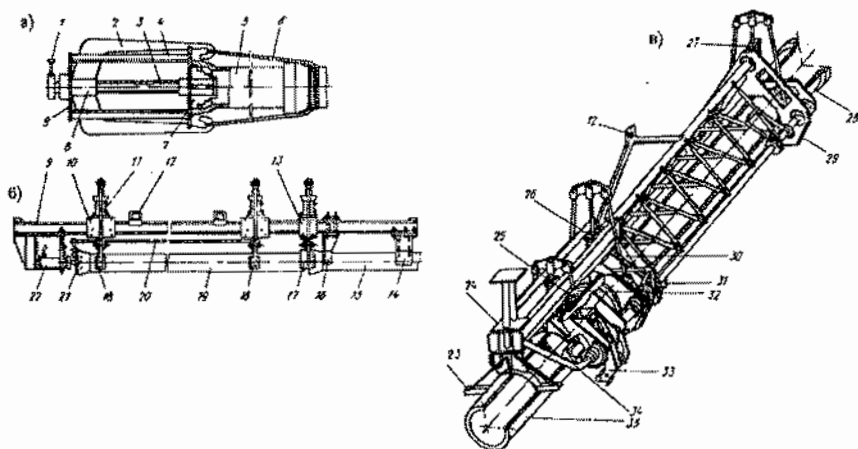
В строительных организациях применяют также устройство для монтажа чугунных труб на базе универсальных гидравлических тракторов типа «Беларусь», которые обеспечивают центровку труб.

На базе трактора «Беларусь» разработано и применяется также вилочное стыковочное приспособление аналогичного типа. Привод стыковочных устройств осуществляют от базовой машины, однако, при производст-

ве работ необходимо постоянное нахождение рабочих в траншее. Монтажные операции с бермы, т.е. без присутствия рабочих в ней, выполняют навесным оборудованием, разработанным Тульским политехническим институтом и трестом Туласпецстрой (рис. 11.4, б).

Монтаж чугунных труб диаметром 300 мм на резиновых уплотнительных кольцах производят различными средствами, а зачеканку чугунных труб диаметром свыше 300 мм прядью – вручную. Даже при использовании средств малой механизации, например пневмочеканок на основе клепальных молотков, зачеканку производят рабочие на дне траншеи, что повышает ее трудоемкость.

В целях облегчения этого процесса разработано навесное оборудование для монтажа и зачеканки стыковых соединений чугунных труб волокнистыми материалами (рис. 11.4, в). Основным узлом этого навесного оборудования является стыковочный манипулятор.



**Рис. 11.4.** Схемы устройств и навесного оборудования для монтажа чугунных труб: а - простейшее устройство для монтажа труб; б - навесное оборудование конструкции Тульского политехнического института и треста Туласпецстрой; в - навесное оборудование для монтажа и зачеканки чугунных труб; 1 - вороток; 2 - рычаги; 3 - винт; 4 - стойки; 5, 19 - монтируемые трубы; 6 - гибкие тяги; 7 - упорно-направляющий диск; 8 - гайка; 9 - траверсы; 10 - каретки подвижные; 11 - гидроцилиндры; 12 - скоба; 13 - каретка неподвижная; 14 - хомут; 15, 35 - ранее уложенная труба; 16 - упор; 17 - захват конусный; 18 - захваты подвижные; 20 - тяга; 21 - диск нажимной; 22 - гидродомкрат нажимной; 23 - вилка опорная; 24 - рама; 25 - прядь пеньковая; 26 - гидроцилиндры подвижного и неподвижного захватов; 27 - гидроцилиндр правого захвата; 28 - труба укладываемая; 29 - захват неподвижный; 30 - упор правый; 31 - гидроцилиндр перемещения чеканов; 32 - чеканы; 33 - схват подвижного захвата; 34 - гидроцилиндр подачи трубы

Устройство с трубой опускают в траншею на место укладки так, чтобы торец щеки подвижного захвата уперся в торец раструба ранее уложенной трубы.

Описанное устройство может быть использовано и при монтаже труб на резиновых уплотнительных кольцах.

В Главомашиностроении разработан манипулятор для подачи, укладки и стыковки чугунных труб. Он применяется как навесное оборудование к экскаватору ЭО-3322А. Конструкция манипулятора представляет собой траверсу с двумя захватами.

При монтаже чугунных трубопроводов иногда необходима отрезка труб диаметром от 50 до 1000 мм для подгонки их по длине, а также для устранения дефектов, выявленных после проведения гидротестов. Оборудование для резки чугунных труб разработано в институте ВНИИмонтажспецстрой.

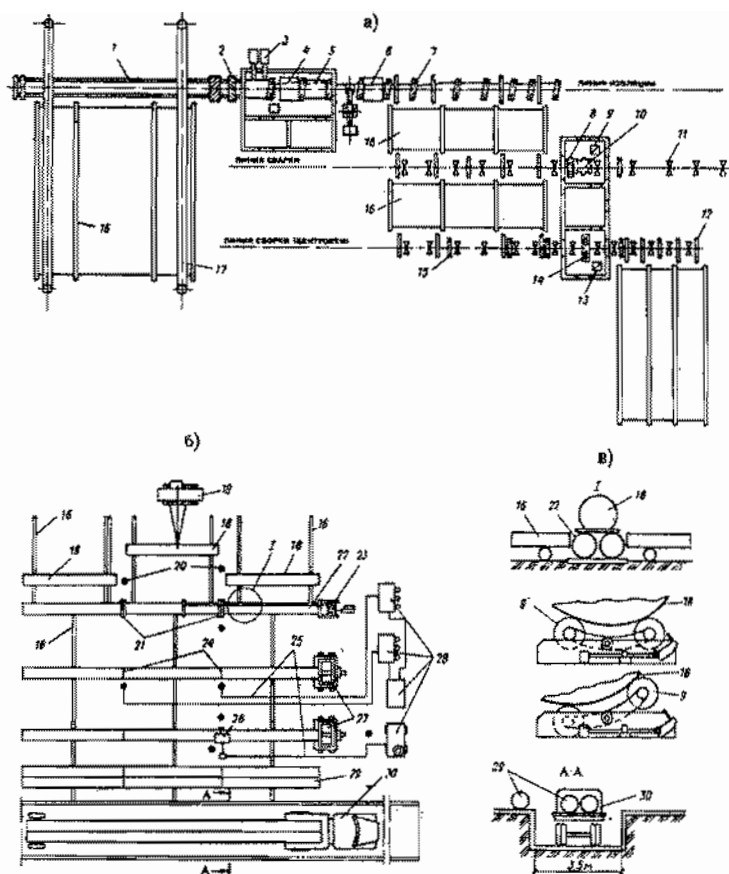
Мастиками-герметиками заделывают стыковые соединения растрескавшихся чугунных труб при прокладке напорных канализационных трубопроводов с максимальным рабочим давлением до 0,5 МПа. При этом чаще всего применяют полисульфидные герметики из герметизирующих и вулканизирующих паст с добавлением иногда асбестовой или резиновой крошки. Приготавливают мастики-герметики на месте работ за 30 – 60 мин до их использования. Стыки герметизируют с помощью шприцев с ручным или пневматическим выдавливанием мастики или пневматических установок. Герметик в растрескавшуюся щель вводят с помощью насадки, которая крепится к кончику шприца или шланга пневматической установки.

## **11.2. Укрупнительная сборка, сварка и изоляция стальных труб на трубозаготовительных базах**

В целях индустриализации строительства трубопроводов и ускорения темпов производства работ в последние годы широко применяют метод предварительной укрупнительной сборки и сварки труб в секции (звенья) и их изоляции на трубосварочных и трубоизоляционных базах, после чего их транспортируют на трассу для укладки в траншею. Базы снабжены современным оборудованием для полуавтоматической и автоматической сварки поворотных стыков, а также устройствами для очистки и последующего нанесения на трубные секции противокоррозионных покрытий.

Базы практически состоят из трех основных технологических линий – сборки (центровки), сварки и изоляции (рис. 11.5, а). Они бывают стационарные, полустационарные и полевые.

Переработка труб на стационарных базах организуется следующим образом. Трубы краем укладывают на приемных стеллажах, откуда подают на линию сборки (центровки), где с помощью центриатора собирают в секции длиной 18, 24 и 36 м. После сборки на каждом стыке вначале выполняют «прихватку», а затем полуавтоматическую сварку первого (корневого) слоя шва. Затем секцию через промежуточный стеллаж-накопитель подают на линию автоматической сварки последующих слоев. Сваренную секцию подают на линию изоляции, где производят операции сушки, грунтовки (праймирования) и изоляции. Готовую изолированную секцию перемещают под кран-перегружатель, который подает ее на склад готовой продукции или на трубоплетевоз.



**Рис. 11.5. Трубо сварочные и трубоизоляционные базы:** а - стационарная база; б - полевая база; в - роликовые опоры при сварке труб и подаче сваренной трубной секции; 1 - роликовый путь; 2,3 - приводная и промежуточная тележки; 4 - битумоплавильный котел; 5 - изоляционная ванна; 6 - установка сушки грунтовок; 7 - нанесение грунтовок; 8 - установка сушки секций перед очисткой; 9 - роликовые опоры; 10 - зачистные щетки; 11 - стеллаж-накопитель; 12 - вращатель; 13 - пульт управления; 14 - установка автоматической сарки труб; 15 - ролик продольного перемещения трубы; 16 - стеллажи; 17 - кран-перегрузатель; 18 - трубы; 19 - кран-трубоукладчик; 20 - сварщики, монтажники и машинисты; 21 - центратор; 22 - сварочный стенд; 23 - лебедка; 24 - корневые швы; 25 - кабель; 26 - окончательная сварка стыка; 27 - торцовые вращатели; 28 - сварочные установки СЧУ-2; 29 - готовые секции труб; 30 - трубоплетевоз

На стационарных и полустационарных базах сварку труб чаще всего выполняют под флюсом трубосварочными головками типа ПТ-56, а первый (корневой) шов сваривают полуавтоматически в среде углекислого газа плавящимся электродом (цельной сварочной проволокой) или без дополнительной защиты порошковой проволокой с помощью полуавтомата А-547 р. Для

сборки и сварки труб в секции длиной 36–40 м в полевых условиях используют полевые трубосварочные базы (рис. 11.5, б). Такие базы располагают вдоль трассы строящегося трубопровода обычно через 15–30 км друг от друга. При их развертывании используют оборудование типовой базы БАС-1.

**Изготовление криволинейных элементов.** Сварные отводы изготовляют из отдельных секторов. Отвод с углом  $90^\circ$  состоит из четырех секторов: двух внутренних с углом  $30^\circ$  каждый и двух наружных с углом  $15^\circ$  каждый. Отвод с углом  $60^\circ$  можно выполнять из двух секторов с углом  $30^\circ$  каждый. Отводы больших диаметров (600 мм и выше) можно изготовить как из листового металла, так и из труб. При механизированном изготовлении отводов из труб секторы режут без разметки на специальных станках.

При ручной резке труб на секторы применяют приспособления или шаблоны, а при изготовлении секторов из листового металла заготовки размечают по шаблонам, а затем вырезают и вальцуют. На трубозаготовительных базах и в мастерских, не имеющих станков для фасонной резки труб, для резки секторов из труб и листового проката необходимо иметь набор шаблонов.

Гнутье труб необходимо в тех случаях, когда естественный изгиб трубопроводов в вертикальной и горизонтальных плоскостях невозможен. Тогда кривые необходимого радиуса и угла получают путем сварки предварительно изогнутых колен, изготовленных способом холодного гнутья на трубогибных станках типа ГТ для труб больших диаметров с применением дорнов. Причем трубы диаметром 273–530 мм гнут на станке ГТ-531, диаметром 720–1020 мм – ГТ-1021, диаметром 1220 – ГТ-2121 и диаметром 1420 – на станке ГТ-1421. Для гнутья подбирают трубы с более толстыми стенками и с отклонениями от диаметра в сторону положительного допуска. При гнутье секций из двух и более труб кольцевой шов на расстоянии не менее 0,5 диаметра трубы надо вывести из зоны изгиба.

Кривые вставки, изготавливаемые на трубогибных станках, должны соответствовать нормалам, указанным в рабочих чертежах. Нормали предусматривают радиусы изгиба кривой, обеспечивающей беспрепятственный проход разделительных поршней или очистных устройств по трубопроводу при его очистке, а также прохождение по поверхности кривой вставки очистных и изоляционных механизмов во время строительства трубопровода. Минимально допустимые радиусы кривых при гнутье труб в холодном состоянии приведены в табл. 11.1.



Минимально допустимые радиусы кривых вставок

D, мм	δ, мм	Наименьший радиус изгиба трубы, м, при толщине стенки		D, мм	δ, мм	Наименьший радиус изгиба трубы, м, при толщине стенки	
		минимальный	максимальный			минимальный	максимальный
1420	12-20	70	40	630	6-11	25	15
1220	10-18	60	30	530	6-9	15	10
1020	9-16	50	25	426	6-9	10	8
820	8-12	335	25	300-400	4-8	8	5
720	7-12	30	20	200-300	4-7	5	3

*Примечание.* Допускается уменьшение величины наименьшего радиуса изгиба на 10%.

### 11.3. Сборка, сварка и изоляция труб и трубных секций

Стальные трубы соединяют между собой на сварке, а в местах установки арматуры (задвижек, кранов, вентилях и др.) – на фланцах. Виды сварки зависят от условий выполнения сварочных работ (на трубо сварочной базе или на трассе) и от диаметра свариваемых труб.

**Сварка труб** включает следующие технологические операции: подготовка труб и кромок их торцов к сборке; раскладка труб на сварочных подкладках (стеллажах или стендах); центровка и стягивание труб до достижения между кромками торцов нужного зазора; скрепление собранного стыка сварочными прихватами; сварка стыка. При подготовке труб очищают кромки шириной 10 – 15 мм соединяемых труб от грязи, ржавчины и, особенно, от масел, выравнивают вмятины и неровности торцов, выправляют овальность, чтобы разность диаметров торцов не превышала 1 – 1,25% номинала. Толщина стенок соединяемых труб не должна иметь отклонения более 12 – 15% стандартного размера.

Раскладка труб перед сборкой должна способствовать их беспрепятственной и удобной центровке – совмещению геометрических осей и кромок труб при строгом соблюдении нормативных зазоров. Для этого применяют специальные зажимы – центраторы, которые бывают наружные (винтовые, эксцентрикные и цепные, рис. 11.6, а – в) и внутренние (гидравлические, рис. 11.6, г). Благодаря синхронному действию разжимных кулачков центраторы автоматически обеспечивают калибровку и центровку торцов труб. С их помощью сначала закрепляют трубы, а затем накладывают прихватки и первый (корневой) слой сварного шва. Далее стальные трубы сваривают с помощью дуговой (ручной, полуавтоматической и автоматической) сварки, в том числе под флюсом или в зоне защитных газов, например  $CO_2$ , а также с помощью электроконтактной и газопрессовой сварки (магистральные трубопроводы).

Дуговую сварку стальных труб (рис. 11.6, д) осуществляют с поворотом их вокруг своей оси (поворотные стыки) и без поворота (неповоротные или потолочные стыки). Неповоротные стыки сваривают в два или три слоя,

начиная с нижней образующей трубы в 50 мм от вертикального диаметра труб (рис. 11.6, е). Первый слой, как уже указывалось, называют корневым, второй – заполняющим и последний – облицовочным. Трубы диаметром до 500 мм сваривают непрерывным швом, а трубы больших диаметров – прерывистым (как показано стрелками на рис. 11.6, е). Неповоротные стыки труб больших диаметров при необходимости ускорения производства работ сваривают одновременно два или три сварщика по схемам, приведенным на рис. 11.6, и, л.

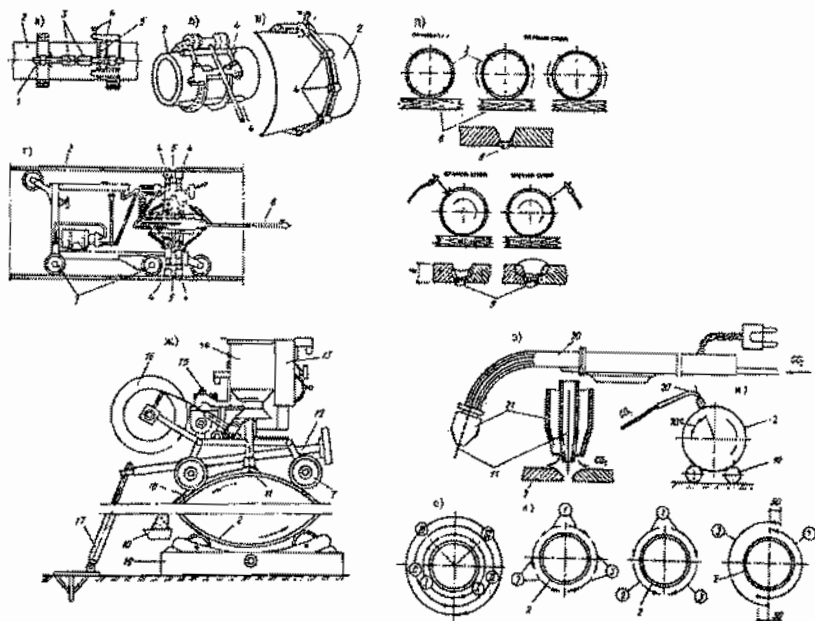


Рис. 11.6. Сборка и сварка стальных труб: а, б - центраторы винтовой и эксцентриковые (для труб диаметром не более 350 мм); в - то же, наружный роликово-звеньевой (для труб 520 · 1020 мм); г - то же, внутренний гидравлический (для труб 520 · 1220 мм); д, е - последовательность операций при ручной электросварке стыков поворотным и неповоротным трехслойным швом; ж - схема применения сварочной головки ПТ-56 для поворотной сварки стыков под слоем флюса; з - то же, для сварки корня шва штанговым держателем полуавтомата А-547-р; и, е - порядок наложения корневого слоя шва при сварке труб большого диаметра тремя сварщиками; л - то же, для заходнения остальной части шва двумя сварщиками; 1 - натяжной винт; 2 - свариваемые трубы; 3 - отверстие для воронки; 4 - центрирующие элементы; 5 - стык трубы; 6 - штанга; 7 - ролики; 8 - лежни под трубы; 9 - корневой слой шва; 10 - сборник для флюсов; 11 - свариваемая проволока; 12 - регулировочный винт; 13 - панель с реостатом, вольтметром и выключателями; 14 - бункер для флюса; 15 - подающий механизм с двигателем и редуктором; 16 - кассета со сварочной проволокой; 17 - штанги; 18 - флюс; 20 - штанговый держатель; 21 - головка держателя; 1, 2, 3 в кружках - позиции сварщиков; I, II, III - последовательность наложения шва неповоротного стыка

Качество сварных соединений труб в значительной степени зависит от режима сварки, который определяют параметры и характер тока, его по-

лярность, длина дуги, скорость сварки, амплитуда колебаний и вылет электродов, их размер и состав покрытия, температура основного материала труб в момент начала сварки. Так, увеличение силы тока и обратная полярность способствуют улучшению проплавления металла и увеличению глубины провара, а с увеличением силы тока повышается скорость сварки и т.д.

Однако, поскольку ручная сварка неповоротных стыков очень трудоемка и часто сдерживает темп прокладки трубопровода, в последнее время все чаще применяют прогрессивную полуавтоматическую и автоматическую сварку таких стыков с помощью, например, сварочного автомата, состоящего из самоходной тележки, сварочной головки и пульта управления. В процессе сварки головка перемещается вокруг трубы по направляющему поясу и сваривает трубы электродной проволокой.

Для сварки труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки 20 мм применяют комплекс оборудования «Дуга-2», включающий станок для обработки кромок, центратор-автомат для сборки труб и сварки внутри первого (корневого) слоя шва, сварочные головки-автоматы для сварки наружных слоев, а также агрегат питания. Им можно сваривать до 38 стыков в смену при скорости сварки до 70 м/ч.

Особо эффективным в полевых условиях оказался и новый способ электроконтактной стыковой сварки путем непрерывного оплавления торцов труб с помощью установки типа ТКУС (для сварки труб в секции) и типа ТКУП (для сварки секций в нитку трубопровода). Трубы диаметром 1420 мм сваривают установкой типа ТКУП, называемой «Север-1». В ее состав входят сварочная машина К-700 с внутренним гратоснимателем, передвижная дизельная электростанция, агрегаты для зачистки концов труб и снятия наружного грата. Все агрегаты установки оснащены системами автоматического управления процессом сварки. Им можно сваривать до 50 - 60 стыков труб такого диаметра в смену.

На сварочных базах (стационарных и полустационарных) сварку труб в секции чаще всего выполняют под флюсом с помощью сварочной головки, например, типа ПТ-56 (рис. 11.6, ж), корневого шов – под защитой углекислого газа с помощью полуавтомата А-547р (рис. 11.6, з). Для сборки и сварки труб в секции длиной до 40 м в полевых условиях оборудуют трубо-сварочные базы (ТСБ) вблизи трассы с плечом обслуживания 25 – 30 км.

Трубопроводы из стальных труб предназначены для длительной эксплуатации. Однако, если их уложить в грунт без надежной изоляции, они сравнительно быстро разрушаются от воздействия почвенной коррозии и блуждающих электрических токов (электрокоррозия). Поэтому чтобы удлинить срок службы трубопроводов и обеспечить их безаварийную работу, необходимо их защитить от обоих видов коррозии.

Технология и место изоляции труб во многом зависят от принятых методов их укладки, которые отличаются последовательностью работ, при-

меняемыми машинами и механизмами. С учетом этого можно выделить *раздельный* метод, при котором нанесение изоляции на отдельные трубы или их сварные секции выполняют трубосварочно-изоляционной базой с последующей изоляцией стыков в полевых условиях, и *совмещенный*, при котором трубы, сваренные на трассе в непрерывную нитку, изолируют в процессе укладки ее в траншею соответствующей колонной машины.

**Виды изоляционных покрытий.** Покрытия должны обладать плотностью, обеспечивающей гидро- и электроизоляционные свойства, хорошей прилипаемостью к металлу (адгезией), устойчивостью к температурным изменениям и способностью сохранять свою форму в условиях окружающей среды (пластичностью), выдерживать значительные нагрузки в процессе укладки (механической прочностью).

Наиболее эффективной для обеспечения долговечности трубопровода является комплексная противокоррозионная его защита, включающая так называемую «пассивную» их защиту различными изоляционными покрытиями и «активную» (катодную, протекторную и дренажную) защиту от воздействия блуждающих токов (электрокоррозии), ибо она часто бывает опаснее почвенной (гальванокоррозии).

Принцип действия катодной, протекторной и электродренажной защиты стальных труб от электрокоррозии блуждающими токами заключается в следующем. Вблизи трубопровода оборудуют станцию катодной защиты (СКЗ), в состав которой входят источник постоянного тока, анодное заземление и дренажные кабели. Отрицательную клемму источника тока присоединяют к стальному трубопроводу, а положительную – к заземлению. В результате ток стекает с анодного заземления, подтекает к трубопроводу и возвращается к источнику по дренажному кабелю. Ток СКЗ создает отрицательный потенциал на трубопроводе и при его работе происходит разрушение анодного заземления, но при этом одновременно защищается стальной подземный трубопровод.

Протекторную защиту применяют для защиты стальных трубопроводов небольшой протяженностью от коррозии блуждающими токами, если необходимое смещение потенциала трубопровода не превышает 0,3В. Протектор изготавливают из металла с более отрицательным электродным потенциалом, чем металл подземного трубопровода. Установленный в грунт и приведенный в контакт с трубопроводом протектор вместе с ним образует гальваническую пару. Протектор (гальванический анод) при этом разрушается, а подземный трубопровод поляризуется до защитных потенциалов и не разрушается.

Электродренажная защита стальных трубопроводов заключается в отводе блуждающих токов, проникших в трубопровод, в сеть обратных токов электрического рельсового транспорта путем присоединения трубопровода через дренажное устройство с элементами этой сети (отрицательной шиной тяговой подстанции, отсасывающим пунктом или рельсом). Благодаря

ря этому на трубопроводе создается отрицательный потенциал, что предотвращает выход блуждающих токов из металла трубы в почву и ее разрушение.

Для защиты трубопроводов от почвенной коррозии применяют, главным образом, покрытия на основе нефтяных битумов, также из полимерных липких лент.

Конструктивно изоляционные покрытия состоят из грунтовки, одного или нескольких слоев изоляционного материала (мастики, липкой ленты), армирующего и оберточного слоев. Они бывают трех основных типов: *нормальные, усиленные и весьма усиленные*. Для магистральных трубопроводов применяют покрытия нормального и усиленного типов, а для разводящих, проложенных в пределах города или промышленного предприятия, весьма усиленного типа.

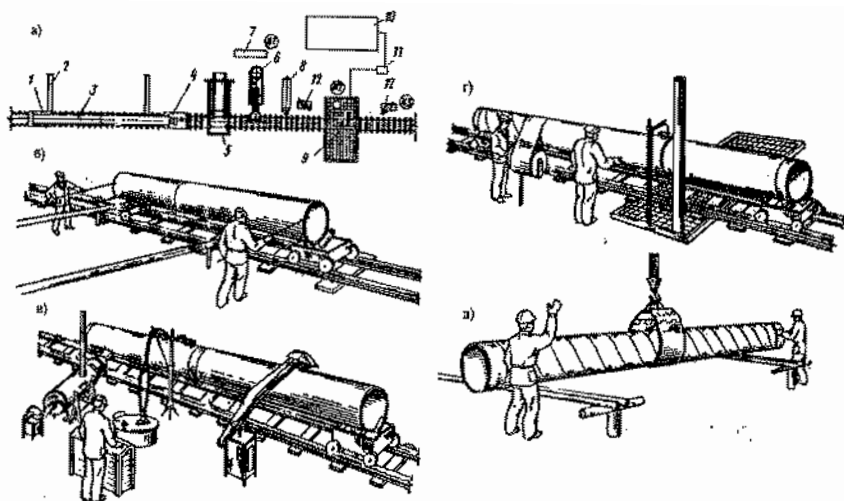
*Покрытие весьма усиленного типа* общей толщиной  $9 \pm 0,5$  мм состоит из одного слоя битумной грунтовки, трех слоев мастики толщиной по 3 мм, разделяемых двумя слоями армирующей обмотки из стеклохолста и наружной обертки из прочной крафт-бумаги.

*Нормальное покрытие* состоит из грунтовки, мастики слоем 4 мм, одного слоя стеклохолста и защитной обертки.

*Усиленное покрытие*, нанесенное в базовых условиях, состоит из грунтовки, двух слоев мастики по 3 мм, двух слоев стеклохолста и защитной обертки, а в полевых условиях – из грунтовки, одного слоя мастики 6 мм, одного слоя стеклохолста и защитной обертки.

Покрытия из полимерных липких лент удачно сочетают в себе высокую защитную способность и технологичность при механизированном их нанесении. Такие ленты изготавливают из полиэтилена или поливинилхлорида с нанесением на них клеевого слоя. Покрытия состоят из слоя грунтовки, одного, двух или трех слоев ленты (что соответствует нормальной, усиленной и весьма усиленной изоляции) и защитной обертки.

**Нанесение изоляционных покрытий.** Перед нанесением покрытий поверхность трубопровода тщательно очищают от окалины, ржавчины и других загрязнений на стационарной трубоочистной машине. Очищенные трубы немедленно покрывают грунтовкой, а после ее высыхания – битумной мастикой. В условиях базы мастику на трубы наносят с помощью трубоизоляционной установки. Пример изоляции сварной секции приведен на рис. 11.7. При использовании для изоляции труб липких лент их наматывают на трубы специальными изоляционными машинами. Изоляционные работы по совмещенному методу непосредственно на трассе выполняют колонной машиной, включающей краны-трубоукладчики, очистные и изоляционные машины, т.е. с совмещением процессов очистки, изоляции и укладки трубопровода в траншею.



**Рис. 11.7. Изоляция сваренных секций стальных труб:** а - схема технологической линии изоляции; б - пакатка секции на линию изоляции; в - очистка секции и нанесение грунтовки; г - изоляция секции и обертка ее прочной kraft-бумагой; д - отгрузка готовой секции с помощью мягкого полотенца; 1 - тележка неприводная; 2 - стеллаж промежуточный; 3 - изолируемая секция; 4 - тележка приводная; 5 - установка для очистки труб; 6 - установка для нанесения грунтовки; 7 - пульт управления линией изоляции; 8 - универсальный теплогенератор; 9 - установка для навесения битумной мастики; 10 - битумоплавильный котел; 11 - битумный насос; 12 - установка для панесения рулонных материалов: И-1; И-2, И-3 - места нахождения рабочих-изолировщиков

#### 11.4. Способы укладки изолированных труб и секций в траншею

Доставленные на трассу изолированные трубы или секции разгружают вдоль траншеи на расстоянии 1 – 1,5 м от бровки. Изолированный трубопровод в траншею можно укладывать тремя способами: 1) опуская секции или отдельные трубы со сваркой их в траншее; 2) опуская сваренные из труб или секций плиты с последовательным наращиванием их в приподнятом положении или на подкладках; 3) опуская плиты непрерывной ниткой с бермы траншеи.

Изолированные трубы перед укладкой в траншею укрупняют в секции с изоляцией сварных стыков. Аналогично секции укрупняют в плиты или непрерывную нитку (рис. 11.8, а). Трубы или секции вначале укладывают краном-трубоукладчиком на подкладки-лежки (рис. 11.8, б), а затем правят концы труб (рис. 11.8, в) и зачищают кромки (рис. 11.8, г).

Для центровки кромок соединяемых секций и фиксации требуемого зазора используют краны-трубоукладчики (рис. 11.8, д), внутренние и наружные центраторы (рис. 11.8, е). При сварке стыка кран-трубоукладчик поддерживает поданную секцию. Как правило, стык сваривают два сварщика (см. рис. 11.8, а), причем вначале подбирают режим и производят сварку первого (корневого) слоя (рис. 11.8, ж), а затем последующих (рис. 11.8, з, и).

Первый слой заваривают на  $3/4$  его длины. Затем снимают центратор и переносят его для центровки следующего стыка, куда краном-трубоукладчиком подается очередная секция. Пока сварщики доваривают оставшуюся  $1/4$  стыка первого слоя, монтажники готовят к сварке новый стык. Последующие слои этого стыка заваривает другое звено сварщиков, состоящее тоже из двух человек (рис. 11.8, з, и), а первые два сварщика в это время переходят к новому стыку и т.д. Неповоротные стыки сваривают снизу, лежа под трубой, уложенной на лежках (рис. 11.8, з) или в приямке траншеи. При этом режим сварочного тока подбирают с меньшими характеристиками, чем для поворотных стыков.

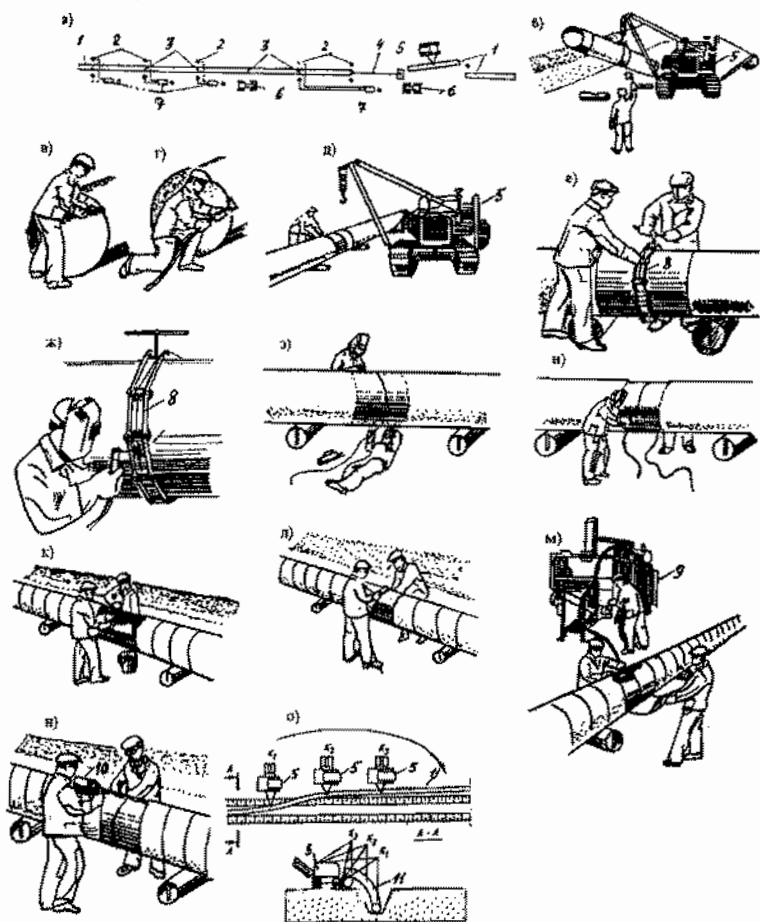
На практике применяют также поточно-расчлененный метод сварки неповоротных (потолочных) стыков, при котором звено слесарей-сборщиков подготавливает стык к сварке корневого слоя, а четыре сварщика быстро его заваривают. После этого они также быстро подваривают изнутри его нижнюю часть и видимые дефекты в остальной части окружности трубы. После внутренней подварки и зачистки сборщики, расчищающие наружный слой шлака, перемещаются с центратором на сборку следующего стыка, а сварщики накладывают остальные слои шва, включая облицовочный.

Почти также сваривают отдельные изолированные секции в плеть. Внутренняя подварка несколько сдерживает темп работ, но плеть при этом наращивается практически непрерывно. Сварку производят снизу вверх, лучше всего на токе обратной полярности, дающим большую глубину проплавления. Для более качественной сварки корневого слоя применяют газозащитные электроды ВСЦ-4, а для сварки последующих слоев – фтористо-кальциевые электроды УОНИ 113/55 или «Гарант», дающие хорошую пластичность и ударную вязкость сварного соединения.

При поточно-расчлененном методе сварки труб и секций с участием нескольких сварщиков в полевых условиях требуется использование для ручной дуговой сварки многопостовых сварочных агрегатов постоянного тока с двигателем внутреннего сгорания (АСДП-5002, СДУ-2 и др.).

Стыки сварных труб или секций необходимо изолировать. Для этого вначале поверхность трубы на расстоянии 0,5 м по обе стороны от стыка очищают (см. рис. 11.8, к), а затем последовательно наносят грунтовку, мастику и рулонный оберточный материал. Грунтовку наносят на сухую поверхность сразу после очистки стыка (см. рис. 11.8, л), а мастику – в горячем виде ( $170 - 180$  °С), поливая поверхность стыка из шланга от насоса котла и растирая снизу полотенцем (см. рис. 11.8, м)

Рулонным материалом стыки обертывают по горячему битуму с нахлесткой витков 2 – 3 см (рис. 11.8, н). Очистку, грунтовку и изоляцию зон сварных стыков трубопроводов больших диаметров (1020 – 1420 мм) можно производить механизировано, применяя комплекс типа ИС, состоящий из очистной, грунтовочной и изоляционной установок, каждая из которых поддерживается и перемещается от стыка к стыку трубоукладчиком.



**Рис. 11.8.** Сборка и сварка изолированных труб и секций в илети и укладка их в траншею; а - организация работ на трассе; б - укладка секций на подкладки; в, г - правка концов труб и зачистка кромок; д - подтаскивание секций к месту монтажа стыка; е - центрирование стыка центратором и его прихватка; ж - подбор режима сварки нервого (жориевого) стыка; з, и - сварка последующих слоев; к - очистка поверхности стыка; л, м - нанесение грунтовки и битумной мастики; н - обертывание стыка рулонным материалом; о - схема укладки изолированного трубопровода в траншею; 1 - трубы; 2 - рабочие места сварщиков и слесарей-сборщиков; 3 - стыки свариваемых труб; 4 - штанга с электрокабелем; 5 - кран-трубоукладчик; 6 - экскаватор; 7 - электросварочные агрегаты; 8 - центратор; 9 - битумоплавильный котел; 10 - оберточный материал; 11 - сваренный трубопровод; К1, К2, К3 - краны-трубоукладчики

Отдельные трубы и секции трубопровода укладывают в траншею стреловым краном или краном-трубоукладчиком. Длинные секции или трубы опускают несколькими кранами с помощью гибких полотенец. Для изоляции стыков трубопровода в траншее используют те же прямки, что и при



сварке стыков, а горячую мастику подают непосредственно к ним, что в целом усложняет производство работ и замедляет темпы прокладки трубопроводов.

Поэтому при наличии на трассе достаточного количества кранов или кранов-трубоукладчиков, а также возможностей для сварки отдельных труб и секций в плети или непрерывную нить более эффективной является укладка трубопровода плетями или непрерывной ниткой, для чего их с бермы траншеи укладывают на дно четырьмя или тремя кранами-трубоукладчиками (рис. 11.8, о), из которых трубоукладчик К1 опускает плеть на дно траншеи, высвобождает мягкий захват и переходит в новое положение перед трубоукладчиком К3. Затем трубоукладчик К2 опускает плеть и переходит в положение впереди К1 и т.д.

Процесс укладки сопровождается остановками, вызванными необходимостью перехода последнего трубоукладчика в голову колонны. При укладке трубопровода во избежание резких его перегибов в вертикальной и горизонтальной плоскостях краны-трубоукладчики расставляют на определенных расстояниях друг от друга в зависимости от диаметра укладываемых труб. Так, при диаметре труб до 529 мм это расстояние составляет 15 – 25 м; при диаметре 529 – 30 м; 720 мм – 35 м; 1020 мм – 30 – 45 м; 1220, 1420 мм – 30 – 40 м. Высота подъема изолированной плети или нитки над землей не должна превышать 1 м при работе тремя и более трубоукладчиками и 0,8 м при работе двумя трубоукладчиками (во время перехода одного из трубоукладчиков в новое положение трубопровод при этом опускают на землю).

Во избежание повреждения изоляции захват трубопровода, его подъем, перемещение и опускание следует производить при помощи мягких полотенец, причем плавно, без рывков и ударов трубопровода о стенки и дно траншеи. В случае повреждений изоляционного покрытия труб их нужно устранять до опускания трубопровода на дно траншеи. В траншее исправляют только те повреждения, которые произошли непосредственно при опускании трубопровода.

### **11.5. Комплексно-механизированная прокладка стальных трубопроводов**

Особенностью сооружения магистральных трубопроводов является непрерывное линейное перемещение фронта работ, при котором основные технологические процессы неоднократно повторяются. Это такие работы: подготовка и расчистка трассы; развозка труб и укрупненных на трубосварочной базе трубных секций; их сварка в непрерывный трубопровод (нитку); отрывка траншей вдоль трубопровода; очистка, изоляция и укладка трубопровода в траншею; испытание и засыпка трубопровода.

Строительство таких трубопроводов, как правило, ведут поточным методом, предусматривающим расчленение основных технологических

процессов на отдельные комплексы и операции и последовательное их выполнение специализированными подразделениями. Основным из них является передвижная механизированная колонна (например, изоляционно-укладочная), которую с технологической точки зрения можно рассматривать как комплексную, способную выполнять основные работы поточным методом при высокой степени специализации и комплексной механизации технологического процесса и одновременно способную обеспечить высокие темпы прокладки трубопровода.

**Способы изоляционно-укладочных работ и применяемые механизмы.** Изоляционно-укладочные работы на трассе выполняют двумя основными способами – раздельным и совмещенным. При раздельном способе трубы или их секции вначале изолируют на стационарной базе, а затем сваривают на трассе в плети или непрерывную нитку с изоляцией стыков и последующей укладкой трубопровода в траншею. При совмещенном методе сваренный в непрерывную нитку трубопровод укладывает колонна передвижающихся вдоль траншеи машин, осуществляющих одновременную его очистку и изоляцию в полевых условиях.

Технологическая последовательность операций при раздельном методе такова: трубопровод сваривают в непрерывную нитку на берме траншеи из изолированных на базе секций труб и затем изолируют на трассе стыки между секциями; отрывают траншею, укладывают трубопровод с бермы траншеи на ее дно с помощью трубоукладчиков и мягких захватов (полотенец), так как применение троллейных подвесок может повредить изоляционное покрытие труб. Укладку трубопровода ведут способом последовательного переезда трубоукладчиков (рис. 11.9, а).

Однако магистральные трубопроводы чаще всего укладывают совмещенным методом, при котором все работы по очистке, изоляции и укладке трубопровода выполняет одна комплексно-механизированная изоляционно-укладочная колонна, имеющая в своем распоряжении всю необходимую технику (рис. 11.9, б), что позволяет снизить себестоимость строительно-монтажных работ; сократить затраты труда и ускорить прокладку трубопроводов. Основные процессы и операции при этом методе выполняют поточно, благодаря применению непрерывно перемещающейся по трассе трубопровода колонны машин с примерно одинаковым суточным темпом.

Изоляционно-укладочные работы совмещенным методом производят с применением кранов-трубоукладчиков, которые с помощью подвижных троллейных подвесок удерживают трубопровод на нужной высоте и перемещаются вдоль трассы, сопровождая самоходные машины (см рис. 11.9, б). Обычно в комплект машин для выполнения изоляционно-укладочных работ, кроме трубоукладчиков, входят очистные и изоляционные машины, установки для сушки трубопровода, битумозаправщики и др.

При совмещенном методе укладки магистральных трубопроводов к началу изоляционно-укладочных работ трубопровод на берме траншеи дол-

жен быть сварен в непрерывную нитку, а траншея отрыта на полный профиль. Далее на трубопроводе монтируют очистную (ОМ) и изоляционную (ИМ) машины, поднимают его трубоукладчиками, расположенными на определенном расстоянии друг от друга, и начинают движение всей колонны, производя комплексно-механизированным способом очистку, изоляцию и укладку трубопровода в траншею.

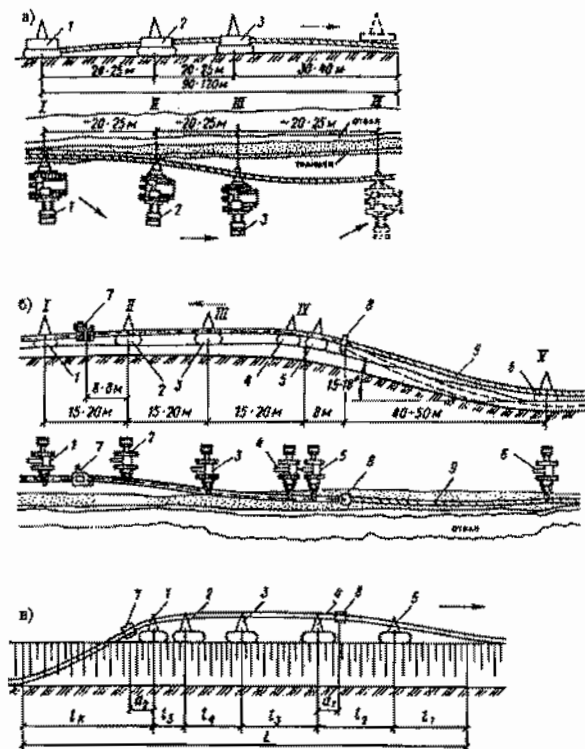
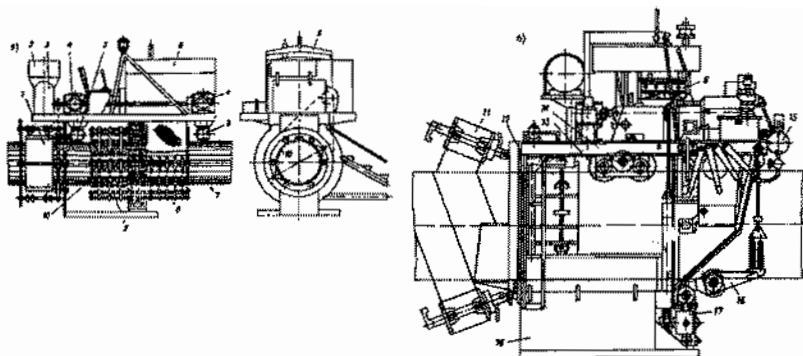


Рис. 11.9. Методы укладки стальных трубопроводов: а, б - раздельным и совмещенным методами; в - расстановка трубоукладчиков и других механизмов изоляционно-укладочной колонны; 1 - 6 - краны-трубоукладчики; 7, 8 - очистная и изоляционная машины; 9 - изолированный трубопровод

Для очистки трубопровода применяют самоходные одно-, двухроторные очистные машины, снабженные скребками и металлическими щетками типа ОМЛ и ОМ (рис. 11.10, а). Эти же машины наносят на очищенную поверхность грунтовочный слой, для этого их оснащают вторым рабочим органом – праймерным устройством. Для очистки и праймирования трубопроводов применяют следующие машины: для труб диаметром 168 – 325 мм – ОМЛ-8А; 325 – 529 мм – ОМ-5221; 631 – 820 мм – ОМЛ-4; для труб диаметром 1020, 1220 и 1420 мм – соответственно ОМЛ-12, ОМ-121 и ОМ-1422.



**Рис. 11.10.** Очистка и изоляция магистрального трубопровода передвижными очистными и изоляционными машинами: а - очистная машина ОМП-4; б - изоляционная машина ИЛМ-7М; 1 - задний рабочий орган с полотном; 2 - бензобак; 3 - бак для праймера-грунтовок; 4 - редукторы; 5 - ходовой механизм; 6 - двигатель; 7 - трубопровод; 8 - скребки; 9 - передний рабочий орган; 10 - стальные щетки; 11 - шпули для рулонного материала и полимерной ленты; 12 - обмоточная головка; 13 - ходовые колеса; 14 - рама; 15 - подогревающее устройство; 16 - поддерживающий механизм; 17 - битумные насосы; 18 - бак

Для изоляции очищенного трубопровода используют самоходные изоляционные машины (рис. 11.10, б) двух типов: ИМ – для изоляции битумными покрытиями с последующей обмоткой армирующими и защитными рулонными материалами (стеклохолстом, бумагой, бризолом, гидронизолом); ИЛ – для изоляции трубопровода полимерными лентами.

Каждый тип машин выпускают нескольких типоразмеров примерно одинаковой конструкции, которые охватывают весь диапазон труб, используемых на строительстве трубопроводов. Для изоляции труб битумом применяют следующие машины: для труб диаметром 168 – 299 мм – ИМ-2А; 325 – 529 мм – ИМ-521; 631 – 820 мм – ИМ-17; 1020 мм – ИМП-7М; 1020 – 1220 мм – ИМ-121 и для труб диаметром 1420 мм – ИМ-1422.

В последние годы при строительстве магистральных стальных трубопроводов стали применять комбинированные машины, так называемые комбайны, выполняющие операции очистки и изоляции труб, что очень удобно при производстве работ.

Для изоляции труб липкими полимерными материалами применяют следующие машины: для труб диаметром 351 – 720 мм – ИМ-6П; 920 – 1020 мм – ИМ-19; 529 – 1020 мм – ИМ-25; 1020 мм – комбинированную машину ОИМ-1; для очистки и изоляции труб диаметром 1020 – 1420 мм – ИЛ-1422. Они движутся по трубопроводу в процессе намотки ленты со скоростью 100 – 300 м/ч. Машины типа ИЛ для изоляции полимерными лентами и ИМ-1422 имеют по четыре шпули, что позволяет наносить двухслойную изоляцию.

**Технология комплексно-механизированной прокладки трубопроводов колонной машин.** Для обеспечения нормальной работы очистной и изоляционной машин в процессе укладки трубопровода его поддерживают трубоукладчиками, необходимое количество и мощности которых зависят от диаметра и толщины стенок труб, рельефа трассы и характера грунтов. Обычно используют пять–шесть трубоукладчиков, а для труб особо больших диаметров (1220 – 1420 мм) шесть–восемь и даже десять трубоукладчиков.

Характерная схема организации работы изоляционно-укладочной колонны при укладке магистрального стального трубопровода совмещенным методом работ показана на рис. 11.9, б. Трубоукладчики 1 и 2 с помощью троллейных подвесок поднимают трубопровод с бермы траншеи для прохождения очистной машины 7, расположенной между ними. Применение троллейных подвесок позволяет трубоукладчикам в процессе изоляционно-укладочных работ непрерывно перемещаться вдоль траншеи с постоянным подъемом трубопровода.

По мере движения трубоукладчики 1 и 2, имея различные вылеты стрелы, смещают трубопровод в сторону траншеи. Трубоукладчики 3 и 4 поддерживают трубопровод для обеспечения возможности работы изоляционной машины 8, расположенной в конце колонны. Этими же трубоукладчиками смещают опускаемый вниз трубопровод (показан пунктиром) вместе с изоляционной машиной на ось траншеи и, таким образом, изоляцию трубопровода производят непосредственно над траншеей.

Главной особенностью совмещенного метода выполнения изоляционно-укладочных работ механизированной колонной является необходимость непрерывного удержания приподнятого участка трубопровода группой трубоукладчиков (см. рис. 11.9, б) как при перемещении вдоль трассы, так и при многочисленных технологических остановках в течение смены. При определении оптимальных интервалов между трубоукладчиками помимо устойчивости последних и прочности трубопровода учитывают также условия, обеспечивающие качественное выполнение очистных и изоляционных работ, а именно: необходимость подъема трубопровода на требуемую технологическую высоту в зоне прохождения очистной и изоляционной машин, скорость затвердения битумной мастики и др.

Необходимые расстояния  $l$  между трубоукладчиками в зависимости от диаметров трубопровода при совмещенном методе изоляционно-укладочных работ, а также расстояния от очистной и изоляционной машин до трубоукладчиков приведены в табл. 11.2, составленной применительно к общей схеме расстановки машин при укладке стальных магистральных водоводов, рассмотренной на рис. 11.9, в.

Количество кранов-трубоукладчиков в изоляционно-укладочной колонне зависит от способа прокладки трубопровода и его диаметра. На рис. 11.11 представлены рекомендуемые схемы расположения кранов-трубоукладчиков и сопутствующих машин в колонне для различных диаметров трубопроводов при их прокладке совмещенным методом, а на

рис. 11.12 – то же при использовании комбайнов для очистки и изоляции трубопровода. Примерные расстояния между кранами-трубоукладчиками или их группами при этом даны в табл. 11.3.

Таблица 11.2

**Необходимые расстояния между трубоукладчиками, очистной и изоляционной машинами в зависимости от диаметра прокладываемого трубопровода (рис. 11.10, в)**

Диаметр трубопровода, мм	Необходимые расстояния, м								
	рабочие						контрольные		
	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$a_1$	$a_2$	$l_1$	$l_k$	$L$
529	25	30	-	-	10	5	30	45	130
720	30	20	25	-	10	5	40	65	175
820	30	20	25	-	10	5	45	80	185
1020	35	30	30	-	10	5	50	95	225
1220	30	30	30	5	10	5	55	100	225
1420	35	30	30	5	10	5	65	100	265

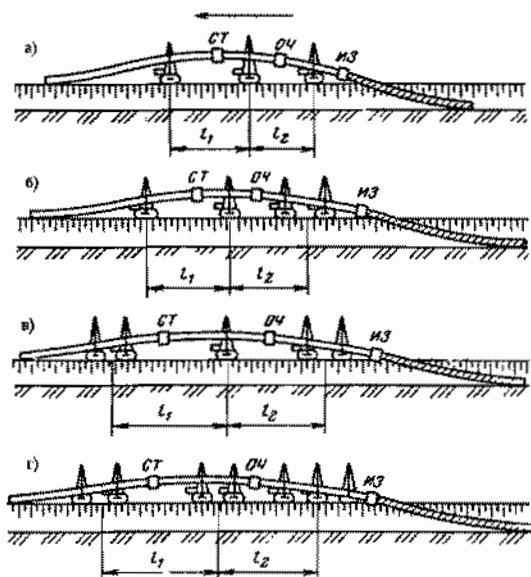


Рис. 11.11. Схемы расположения трубоукладчиков и машин в изоляционно-укладочной колонне при совмещенном способе производства работ для трубопроводов различных диаметров: а – 529–820 мм; б – 1020 мм; в – 1220 мм; г – 1420 мм; ОЧ – очистная машина; ИЗ – изоляционная машина; СТ – сушильная установка;  $l_1, l_2$  – расстояние между трубоукладчиками и группами трубоукладчиков

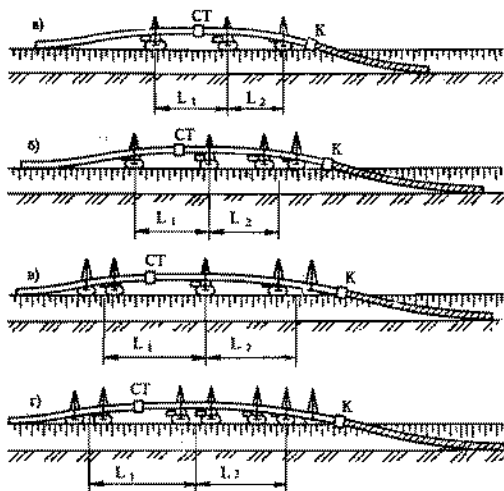


Рис. 11.12. Схемы расположения трубоукладчиков и машин в изоляционно-укладочной колонне при совмещенном способе производства работ для трубопроводов различных диаметров при использовании комбайнов: а - 529 - 820 мм; б - 1020 мм; в - 1220 мм; г - 1420 мм; СТ - сушильная установка; К - комбайн для очистки и изоляции трубопровода;  $l_1, l_2$  - расстояние между трубоукладчиками и группами трубоукладчиков

Таблица 11.3  
**Расстояния между кранами-трубоукладчиками или группами трубоукладчиков при совмещенном методе работ**

Диаметр трубопровода, мм	Расстояния между трубоукладчиками (группами), м		Максимально допустимое расстояние между очистной и изоляционной машинами, м
	$l_1$	$l_2$	
529	15 - 20	10 - 15	35
720 - 820	20 - 25	15 - 20	45
1020	20 - 25	15 - 25	50
1220	25 - 35	20 - 30	65
1420	35 - 50	30 - 45	100

При раздельном методе прокладки трубопровода рекомендуются другие схемы (рис. 11.13), а расстояния между кранами-трубоукладчиками при этом даны в табл. 11.4.

Таблица 11.4  
**Расстояния между трубоукладчиками при раздельном методе производства работ**

Диаметр трубопровода, мм	Расстояния между трубоукладчиками (группами), м			Максимально допустимое расстояние между очистной и изоляционной машинами, м
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	
529	15 - 20	-	-	20
720 - 820	15 - 20	10 - 15	-	35
1020	15 - 20	10 - 15	-	40
1220	10 - 15	15 - 25	10 - 15	40
1420	10 - 20	20 - 30	10 - 15	45

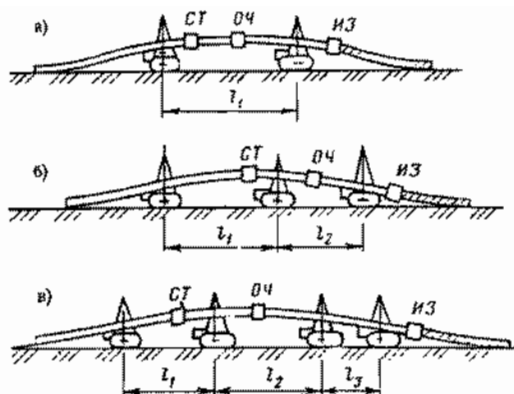


Рис. 11.13. Схемы расположения трубоукладчиков и машин в изоляционно-укладочной колонне для трубопроводов различных диаметров при раздельном методе работ: а - 529 мм; б - 720 - 1020 мм; в - 1220 - 1420 мм; ОЧ - очистная машина; ИЗ - изоляционная машина; СТ - сушильная установка;  $l_1, l_2, l_3$  - расстояние между трубоукладчиками

Как видно из этих схем, при раздельном методе прокладки трубопровода требуется меньшее количество кранов-трубоукладчиков. Например, если при совмещенном методе для прокладки трубопровода диаметром 1420 мм требуется 7 кранов-трубоукладчиков, то при раздельном методе — всего 4. Это обстоятельство в частности и вынуждает выбирать раздельный метод прокладки трубопроводов при нехватке кранов- трубоукладчиков, хотя он замедляет прокладку и увеличивает ее трудоемкость.

Представляет также интерес так называемый «бесподъемный» способ укладки изолированного трубопровода на дно траншеи, образующегося как при раздельном способе прокладки стальных трубопроводов, так и при сварке трубопровода на трассе из труб с заводской изоляцией. В последнем случае после антикоррозионной изоляции сварных стыков также получают расположенную на берме траншеи готовую нитку трубопровода, которую требуется уложить на дно траншеи.

Новый бесподъемный способ прокладки таких трубопроводов, предложенной группой специалистов Ростовского инженерно-строительного института и проектно-конструкторского и технологического института «Ож-трубопроводстройпроект» (В.А. Дзюба, В.А. Облоухов, В.И. Бармин, Т.М. Ядлось, Б.Ф. Белецкий и др. авт. свид. № 1682705 А1) обеспечивает укладку изолированного трубопровода на дно траншеи без традиционного его подъема кранами-трубоукладчиками с помощью мягких полотенец.

При этом способе траншея со стороны трубопровода, лежащего вдоль нее на берме, может быть выполнена с откосом  $35 - 45^\circ$  для предотвращения обрушения стенки траншеи, особенно если она проложена в малоустойчивых грунтах. Далее с помощью бульдозера, отвал которого облицован амортизирующим материалом, чтобы не повредить изоляцию трубопровода, начинают последовательно сдвигать его конец на ось траншеи.

Первую сдвижку трубопровода производят усилием бульдозера на расстоянии 33 — 46 м от начала нитки трубопровода, вследствие чего конец трубопровода зависает в траншее и фиксируется между ее стенками. Вто-



рую сдвижку трубопровода делают на расстоянии 46 – 58 м от начала нитки, вследствие чего конец трубопровода длиной 200 – 250 м и массой до 120 т (при диаметре 1420 мм) зависает в траншее, изгибаясь под собственным весом в вертикальной плоскости. В то же время трубопровод под воздействием внешней сдвигающей силы от бульдозера изогнут в горизонтальной плоскости, т.е. имеет место сложный пространственный изгиб при известной жесткости трубопровода, когда в нем возникают упругие напряжения.

Стальной трубопровод как упругая система, подвергающийся воздействию внешних сил, имеет потенциальную энергию деформации упругого изгиба. В то же время упругая система стремится к своему равновесному состоянию, которым для трубопровода является его стремление к восстановлению своего прямолинейного положения. Поэтому трубопровод, находясь в напряженном состоянии, начинает самопроизвольно укладываться в траншею за счет потенциальной энергии изгиба, переходящей в кинетическую. При этом трубопровод восстанавливает свое устойчивое положение, а внутренние напряжения снимаются. Процесс укладки трубопровода на дно траншеи происходит быстро без его перекачивания и закручивания.

Предложенный способ имеет ряд преимуществ, он не требует подъема, перемещения и опускания трубопровода в траншею, для чего требуется 5 – 6 кранов-трубоукладчиков, а все это заменяется сдвижкой его конца в траншею бульдозером. Поскольку при этом способе не требуются краны-трубоукладчики для подъема трубопровода, то способ можно назвать и бескрановым.

Совмещенный комплексно-механизированный метод изоляции и непрерывной укладки трубопроводов возможен благодаря тому, что сварные в длинные плети трубы сохраняют гибкость даже при больших диаметрах. Но эта гибкость опасна при изоляционных работах и укладке трубопроводов, так как всякая неосторожность, вызванная, например, несогласованностью действий передних трубоукладчиков (при падении стрел, обвале стенок траншей), может привести к обрушению плети в траншею, а за ней и всех связанных машин и механизмов. Поэтому процесс укладки магистрального трубопровода совмещенным методом должен проходить при постоянном контроле прораба.

Перед началом каждой смены следует проверять состояние тормозных систем трубоукладчиков, неисправность которых зачастую вызывает самопроизвольное падение стрелы, что чрезвычайно опасно. Необходимо проверять также исправность захватов, подвесок и контргрузов, состояние стенок траншей с тем, чтобы трубоукладчики располагались вне зоны возможного их обрушения. Но размещать их следует не далее 3,5 м от оси траншеи для уменьшения опасности опрокидывания. В зимний период изоляционные работы осложняются отрицательным влиянием низких температур на применяемые изоляционные материалы. Поэтому изоляционное покры-

тие на трубопроводы допускается наносить при температуре не ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ . В зимних условиях в районах Крайнего Севера в состав колонны включают трубонагревательную печь СТ, которую ставят перед очистной машиной.

#### **Особенности изоляции трубопроводов полимерными лентами.**

Перед началом работ изоляционная машина должна быть заземлена, а также оборудована устройством для снятия статического электричества с поверхности ленты. Изоляционные ленты следует наматывать на трубопровод по свеженанесенной (невыхошедшей) грунтовке при температуре окружающего воздуха не ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ . При температуре воздуха ниже  $+10^{\circ}\text{C}$  рулоны ленты и обертки перед нанесением необходимо выдержать не менее 48 ч в теплом помещении при температуре не ниже  $+15^{\circ}\text{C}$  (но не выше  $+45^{\circ}\text{C}$ ). При температуре воздуха ниже  $+3^{\circ}\text{C}$  поверхность изолируемого трубопровода надо подогревать до температуры не ниже  $+15^{\circ}\text{C}$  (но не выше  $+50^{\circ}\text{C}$ ). Изоляционные и оберточные ленты наносят без перекосов, морщин, гофр, отвисаний с величиной нахлеста: для одностороннего покрытия – не менее 3 см, для двухстороннего – на 50% ширины ленты плюс 3 см.

Важным условием, обеспечивающим плотное прилегание ленты по всей защищаемой поверхности и создающим герметичность в нахлесте, является постоянное натяжение ленты со следующими усилиями:

Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	+40	+20	-30
Натяжение, кгс на 1 см ширины	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0	2,0 - 3,0

Угол наклона шпуль регулируют, усилие натяжения измеряют динамометром. При установке на шпулю машины нового рулона ленты конец нанесенного полотнища нужно приподнять на 10 – 15 см и под него подложить начало разматываемого рулона. Эти концы разглаживают на изолируемой поверхности и затем прижимают рукой до нахлеста их последующим витком ленты. При изоляции трубопроводов импортными лентами у сварных швов допускается, как исключение, наличие узкой (1,0 – 1,5 мм) полосы с неплотным прилеганием изоляционной ленты; эти неплотности при засыпке трубопровода должны исчезнуть.

Изоляционную машину перед нанесением лент необходимо тщательно отрегулировать по диаметру изолируемого трубопровода и ширине нахлеста. Постоянно следует также проверять натяжение ленты и состояние ходовых колес; при необходимости производить их регулировку. Поверхность трубопровода надо предохранять от попадания на нее смазочного масла из трансмиссии и воды из системы охлаждения очистной и изоляционной машины. Ежедневно после окончания работы систему подачи грунтовки на трубопровод следует промывать циклогексаном или бензином Б-70. При наличии самоходных машин типа ОМ-1423П для одновременной очистки и изоляции трубопровода из колонны исключают по одной очистной машине.

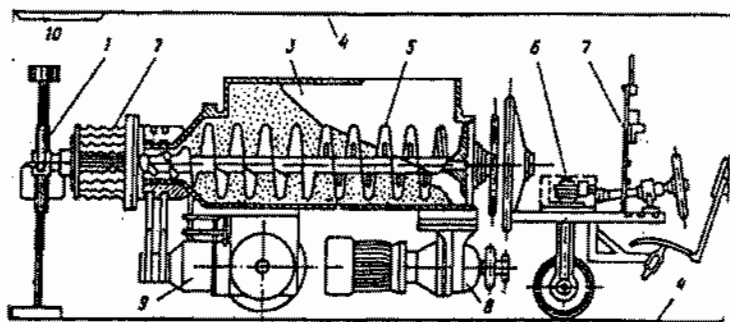


Рис. 11.14. Схема центробежной облицовочной машины МФТ-1,2/1,4 для внутренней облицовки стальных труб цементно-песчаным раствором: 1 - заглаживающая лопатка; 2 - разбрызгивающая головка; 3 - бункер машины; 4 - облицовываемый трубопровод; 5 - шнек; 6 - механизм рулевого управления; 7 - приборный щит; 8 - мотор-редуктор; 9 - привод разбрызгивающей головки; 10 - цементно-песчаная облицовка

Трубы из углеродной стали подвержены интенсивной коррозии, которая составляет в системах водоснабжения 0,05 – 0,8 мм/год. Количество стальных трубопроводов, ежегодно выходящих из строя вследствие коррозии, составляет 10 – 12% объема их производства. Выходу стального водопровода из строя предшествуют большое количество ремонтов, безвозвратные потери миллионов кубометров воды и т.п. Этого можно избежать используя стальные цементно-полимерные и цементно-песчаные покрытия.

Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова разработана центробежная облицовочная машина МФТ-1,2/1,4 (рис. 11.14), принцип работы которой заключается в следующем. Цементно-песчаная смесь подается в бункер, из которого при вращении шнека она поступает в центральную трубу машины. Выжимаясь через продольные щели на ее конец, бетонная смесь попадает на лопатки вращающегося метателя и под действием центробежных сил отбрасывается к стенкам облицовываемой трубы, т.е. покрытие наносится центробежным набрызгом. Нанесенный раствор одновременно разравнивается вращающимися подпружиненными лопатками. Они заглаживают и калибруют нанесенный мелкозернистый бетон, образуя равномерный слой толщиной 12 мм. В процессе работы машина движется внутри трубы со скоростью 0,3 – 0,5 м/мин.

Результаты многолетних наблюдений за состоянием покрытий позволяют установить, что срок их эксплуатации составляет не менее 50 лет. Это дает основание для широкого внедрения бетонных покрытий как при новом строительстве, так и при реконструкции действующих систем водоснабжения.

## Глава 12. БЕСТРАНШЕЙНАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБ ПОД ДОРОГАМИ И ДРУГИМИ ПРЕГРАДАМИ

### 12.1. Общие сведения о бестраншейных способах прокладки труб. Назначение, область применения и выбор

При прокладке трубопроводов под дорогами и другими препятствиями в принципе возможны два основных способа производства работ – открытый и закрытый.

При открытом требуется разрытие поперек дороги траншеи с повреждением дорожного покрытия и остановкой движения транспорта по ней на время прокладки труб. Все это, естественно, сопряжено с целым рядом неудобств.

Более перспективным являются закрытые методы прокладки труб под дорогами, не требующие устройства траншей. При прокладке труб бестраншейными способами вначале под дорогами устраивают защитные кожухи или футляры, а затем в них прокладывают сами рабочие трубопроводы. Чтобы это стало возможным, диаметр кожуха (футляра) должен быть большим, чем диаметр прокладываемого трубопровода.

Для защитных кожухов (футляров) применяют стальные трубы: бесшовные горячекатаные, сварные прямошовные и спирально-шовные. Горячекатаные применяют только для кожухов переходов трубопроводов диаметром до 273 мм, а для трубопроводов больших диаметров используют обычно крупногабаритные сварные прямо- или спирально-шовные трубы.

Диаметр стального защитного кожуха зависит от диаметра рабочего трубопровода, типа его изоляционного покрытия, толщины футеровок и величины необходимого монтажного зазора, а толщина его стенки – от применяемого способа его прокладки (табл. 12.1).

Таблица 12.1

#### Требуемые диаметр и толщина стенок защитного кожуха (футляра)

Наружный диаметр, мм		Толщина стенки защитного кожуха, мм, при способе прокладки			Наружный диаметр, мм		Толщина стенки защитного кожуха, мм, при способе прокладки		
рабочего трубопровода	защитного кожуха	открытым	бестраншейном		рабочего трубопровода	защитного кожуха	открытым	бестраншейном	
			горизонтальное бурение	продавливание и прокол				горизонтальное бурение	продавливание и прокол
159	325	8	8	9	720	920	10	10	12
219	377	9	9	10	820	1020	10	11	14
273	426	9	9	11	920	1220	10	11	14
325	530	9	10	12	1020	1220	10	11	14
426	630	10	10	12	1220	1420	11	12	14
530	720	10	10	12	1420	1720	16	16	16
630	820	10	10	12					

Длину кожуха определяют исходя из ширины дорожного полотна (или дорожной насыпи) и рекомендуемых нормативных расстояний. Предо-

храняют кожухи от коррозии асбесто- или песчаноцементными, асфальтоцементобитумными, эпоксидными или полимерными антикоррозионными покрытиями, наносимыми на их поверхность. Указанные покрытия обладают высокой прочностью, что позволяет применять бестраншейный способ прокладки изолированного кожуха. Кроме отмеченной пассивной защиты кожухов при прокладке их в грунтах средней, повышенной и весьма высокой коррозионной способности применяют активную защиту, используя катодную поляризацию.

Закрытую прокладку труб кожухов (фуляров) выполняют в основном способами прокола, продавливания, горизонтального бурения, а для прокладки коллекторов и тоннелей применяют щитовой и штольневый способы подземных проходов. Выбор каждого из этих способов производят с учетом конкретных условий и факторов строительства трубопроводов и коллекторов, включая диаметр и длину труб, грунтовые и гидрогеологические условия, точность прокладки, требования к противокоррозионной изоляции, экономическую целесообразность применения и др.

**Прокол** лучше применять для прокладки труб малых и средних диаметров (не более 400 – 500 мм) в глинистых и суглинистых (связных) грунтах. Ограничение диаметра прокалываемых труб обусловлено тем, что при этом способе массив грунта прокалывают трубой, оснащенной наконечником, без удаления грунта из скважины, вследствие чего для прокола требуются значительные усилия. В связи с этим и длина прокола труб не превышает 60 – 80 м.

**Способ продавливания** с извлечением из трубы грунтовой пробки или керна можно применять практически в любых грунтах I – IV групп, он пригоден для труб диаметром 800 – 1720 мм при длине прокладки до 100 м.

**Горизонтальное бурение** предусматривает опережающую разработку грунта в забое с устройством скважины в грунте большего диаметра, чем прокладываемая труба. Этим способом можно устраивать подземные переходы трубопроводов диаметром до 1720 мм на длину 70 – 80 м. Однако способ этот недостаточно эффективен в обводненных и сыпучих грунтах.

**Щитовой и штольневый способы** применяют при необходимости устройства переходов трубопроводов, коллекторов и тоннелей значительных диаметров и длины.

При любом из бестраншейных способов прокладки труб вначале по обе стороны дороги отрывают рабочий и приемный котлованы, а затем монтируют соответствующие механизированные установки. На берме рабочего

котлована готовят для бестрашнейной прокладке трубы, изолируют их, оснащают наконечниками (при проколе) или режущей головкой и шнеком (при горизонтальном бурении). После этого краном опускают их в рабочий котлован на направляющую раму и с помощью домкратов производят их прокол, продавливание и горизонтальное бурение.

Размеры рабочего котлована определяют в зависимости от диаметра прокладываемого трубопровода, глубины его заложения и конструкции направляющей рамы. Так, при диаметре трубопровода 159 – 436 мм длина рабочего котлована составляет 10 – 13 м, а ширина – 2,2 – 2,4 м. Глубина его в зависимости от типа направляющей рамы принимается на 0,1 – 0,3 м больше глубины заложения трубопровода.

Размеры приемного котлована назначаются с учетом возможности проведения сварочных и монтажных работ при соединении рабочей трубы с основным трубопроводом и конструкции уплотнительных сальников на конце рабочего трубопровода.

Длина приемного котлована по дну должна быть не менее 1 – 1,5 м, а ширина – 2,3 – 2,4 м. Крепление стенок рабочего и приемного котлованов выполняют в соответствии с указаниями проекта производства работ.

Основным оборудованием при проколе и продавливании труб являются направляющие рамы, гидравлические домкраты, нажимные патрубки, шомполы, наконечники, грунтозаборные ковши, пневмопробойники, насосы, компрессоры и т.п., а при горизонтальном бурении – установки, включающие двигатели внутреннего сгорания, шнеки, режущие головки и др. Установки эти изготавливаются на заводах и в мастерских строительных организаций.

**Выбор бестрашнейного способа прокладки труб** зависит от диаметра и длины трубопровода, физико-механических свойств и гидрогеологических условий разрабатываемых грунтов. Выбор способа также зависит от наличия в строительных организациях соответствующих трубопрокалывающих, продавливающих и бурильных агрегатов, установок и оборудования. Для облегчения выбора можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в табл. 12.2.

Таблица 12.2

## Рекомендуемые способы бестраншейной прокладки трубопроводов

Способ	Трубопровод		Наилучшие грунто- вые условия приме- нения	Скорость про- ходки, м/ч	Необходимое усилие вдавливания, кН	Ограничения к применению спо- соба
	диаметр, мм	длина, м				
1	2	3	4	5	6	7
Прокол: механический с помощью дом- кратов	50-500	80	Песчаные и глини- стые без твердых включений	3-6	148-2450	В скальных и крейнистых грун- тах не применяет- ся
гидропроколом	100-200 400-500	30-40 20	Песчаные и супес- чаные	1,6 - 14	250-1600	Способ возможен при наличии ис- точников воды и мост для сброса пульпы
вибропроколом	500	60	Несвязные песча- ные, супесчаные и песчано-глини- стые	3,5 - 8	5 - 7,5	В твердых и скальных грунтах не применяется
грунтопрокалы- вателями	89-108	50-60	Глинистые	2,5 - 2	.	То же
песмопробой- никами	300-400	40-50	Мягкие грунты до III группы	30-40 (без расшири- телей)	0,75 - 25	В грунтах с по- вышенным водо- насыщением и с малым сцепле- нием не применяется
Продавливание	400-2000	70-80	В грунтах I - III групп	0,2 - 1,5	4500	В пылинных грунтах способ не применим. В твердых поро- дах может быть применим лишь для продавлива- ния труб макси- мального диамет- ра
Горизонтальное бурение	325-1720	40-70	В песчаных и глини- стых грунтах	1,5 - 19	.	При наличии грунтовых вод способ не приме- няется

## 12.2. Прокладка труб способом прокола

Прокладываемые в толще грунта способом прокола трубы для уменьшения сопротивлений, возникающих при деформации грунта, и снижения сил трения при вдавливании трубы в грунт снабжаются специальными конусными наконечниками. Разновидности конусных наконечников приведены на рис. 12.1, а - д. Иногда применяют расширительные пояса с заглушками (рис. 12.1, р, ф). При небольшой длине прокола трубы прокалывают открытым концом (рис. 12.1, к).

Тип и количество вдавливающих устройств, способных развить требуемое усилие, выбирают в соответствии с необходимым расчетным усили-

ем вдавливания, которое зависит от диаметра и длины прокладываемого трубопровода, а также вида грунта. Необходимое нажимное усилие для продвижения в грунте прокладываемой трубы определяют расчетом.

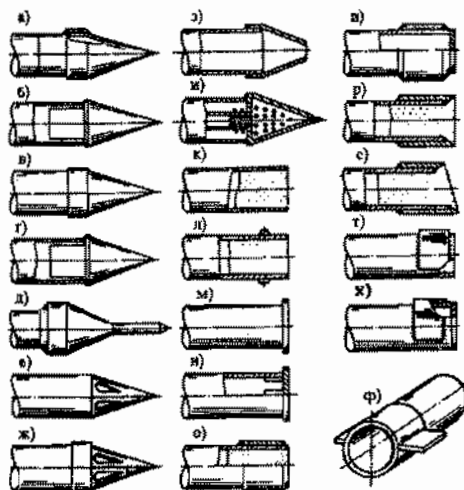


Рис. 12.1. Наконечники для бестравной прокладки труб способом прокола: а, б, в - конусные; г - конусный с эксцентриситетом; д - конусный со штырем; е, ж - конусный с тупыми прорезями; з - конусный с усеченной вершиной; и - конусный с отверстиями для увлажнения грунта; к - открытый конец трубы; л - открытый конец трубы с кольцом; м - приварная заглушка; н - съемная заглушка; о - кольцевой нож с наружным скосом кромок; п - то же, с приварной заглушкой; р - кольцевой нож с внутренним скосом кромок; с - кольцевой нож клиновидной формы с внутренним скосом кромок; т - нож серповидного сечения; х - то же, с приварной заглушкой; ф - кольцевой нож с направляющими пластинами (стабилизаторами)

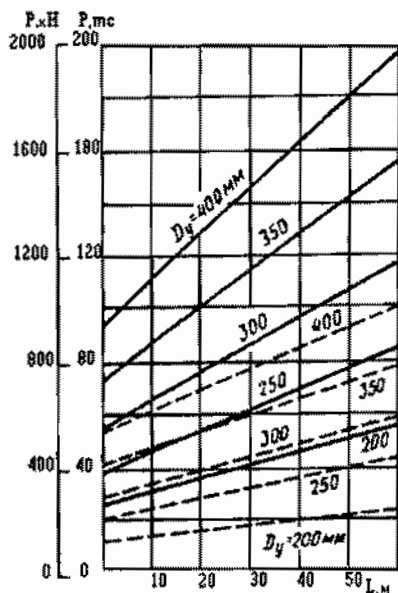


Рис. 12.2. График для определения необходимого усилия для прокола труб разных условных диаметров  $D_y$  на длину  $L$ , м в песчаных (сплошные кривые) и глинистых (пунктирные) грунтах



Необходимое нажимное усилие определяют по формуле

$$P = \frac{\pi R_c^2 \sigma_{\text{упл}}}{i_0} + M_T L f ,$$

где  $R_c$  - радиус сечения отверстия (скважины) в грунте;  $\sigma_{\text{упл}}$  - коэффициент сопротивления грунта;  $i_0$  - пористость грунта до прокальвания;  $M_T$  - масса 1 м трубы (футляра), кг;  $L$  - длина проходки (прокола), м;  $f$  - коэффициент трения стали о грунт.

Приблизительные нажимные усилия, которые должны быть приложены к трубам (кожухам) разных диаметров при их прокладке проколом на длину до 50 м, определяют по графику на рис. 12.2.

Усилия, необходимые для прокола труб, колеблются в пределах от 150 до 2000 кН. Такие усилия создаются гидродомкратными установками, тяговыми усилиями лебедок, тракторов и бульдозеров, а также различными винтовыми ручными и механическими прокальвателями. Определив требуемое нажимное усилие, принимают необходимое число гидродомкратов для силовой установки, а также выбирают тип упорной стенки в котловане.

Для прокола труб чаще всего применяют нажимные насосно-домкратные установки, состоящие из одного или двух спаренных гидравлических домкратов типа ГД-170 с усилием до 170 тс каждый, смонтированных на общей раме. Штоки домкратов обладают большим свободным ходом (до 1,15 - 1,3 м). Раму с домкратами устанавливают на дне рабочего котлована, из которого ведут прокол. Рядом с котлованом на поверхности размещают гидравлический насос высокого давления - до 30 МПа (300 кгс/см<sup>2</sup>).

Трубу вдавливают циклически путем попеременного переключения домкратов на прямой и обратный ход. Давление домкратов на трубу передается через наголовник сменными нажимными удлинительными патрубками, шомполами или зажимными хомутами. При применении нажимных удлинительных патрубков длиной 1, 2, 3 и 4 м после вдавливания трубы в грунт на длину хода штока домкрата (например, 1 м) шток возвращают в первоначальное положение и в образовавшееся пространство вставляют другой патрубок удвоенной длины и так продолжают до тех пор, пока не закончат прокол первого звена трубопровода (обычно длиной 6 м). Затем к нему приваривают второе звено, и указанные операции повторяют до тех пор, пока не будет завершен прокол всего трубопровода.

Шомпола делают из труб с отверстиями по бокам, расстояние между которыми соответствуют длине хода штоков домкратов. Шомпола бывают внутренние, двигающиеся внутри прокальваемой трубы, и наружные, охватывающие трубу снаружи. Шомпола жестко крепятся к напорной балке домкратов, давление от которых к трубам передается через фланец-шайбу и стальной стержень диаметром 50 мм с рукоятью, вставляемой поочередно в сквозные попарно расположенные отверстия.

При использовании шомпола по мере вдавливания звена одновременно с обратным ходом штоков домкратов шомпол выдвигается назад, ержень переставляют в очередное отверстие, и цикл повторяется до тех пор, пока все звено не вдавится в грунт. Затем к нему приваривают следующее звено и его также вдавливают с помощью того же шомпола и т.д. Механический прокол труб с помощью домкратов возможен в песчаных и глинистых грунтах без твердых включений.

На рис. 12.3, а показана наиболее распространенная схема бестраншейной прокладки труб (кожухов) способом прокола с применением гидродомкратной установки и комплекта нажимных патрубков. Такие установки, как правило, комплектуются самими строительными организациями.

Для бестраншейной прокладки стальных труб диаметром 104 – 630 мм на длину до 80 м в грунтах I – IV групп (без крупных включений) способом прокола применяют установки ГПУ-600 (рис. 12.3, б). Установка работает по принципу «шагающих домкратов», что позволяет значительно сократить время рабочего цикла. Вначале путем включения маслостанции гидродомкратами продвигают подвижную нажимную плиту с прокладываемой трубой на длину хода штока домкратов (1,2 м). Затем, после окончания рабочего цикла, подвижной упор освобождают и обратным ходом домкратов подтягивают его вслед за прокладываемой трубой. Указанные операции повторяют до полного внедрения в грунт первого звена прокладываемой трубы, после чего подвижной упор, салазки с домкратами и нажимную плиту возвращают в исходное положение. Далее монтируют второе звено трубы, цикл работ повторяют и так до полного прокола всего трубопровода.

С помощью прокольной установки Главмосстроя можно прокалывать трубы диаметром 209 – 426 мм на длину до 45 м в грунтах I – IV групп независимо от его влажности. Установка работает, как и установка ГПУ-600, по принципу «шагающих домкратов».

Гидропроколом трубы прокладывают с использованием кинетической энергии струи воды, выходящей под давлением из расположенной впереди трубы специальной конической насадки. Струя воды, выходящая из насадки под давлением, размывает в грунте отверстие диаметром до 500 мм, в котором прокладывают трубы. Удельный расход воды при этом зависит от скорости струи, напора воды и категории проходимых грунтов.

Воду под напором в горизонтальную скважину подают центробежными насосами, а откачку воды из котлована производят грязевыми (грунтовыми) насосами. Длина проходки зависит от свойств грунта и диаметра труб. Для труб 100 – 200 мм максимальная длина скважин достигает 30 – 40 м, а для труб диаметром 400 – 500 мм – до 20 м. Наиболее целесообразно применять гидропрокол в легко размываемых (песчаных, супесчаных) грунтах; меньший эффект достигается в глинистых грунтах.

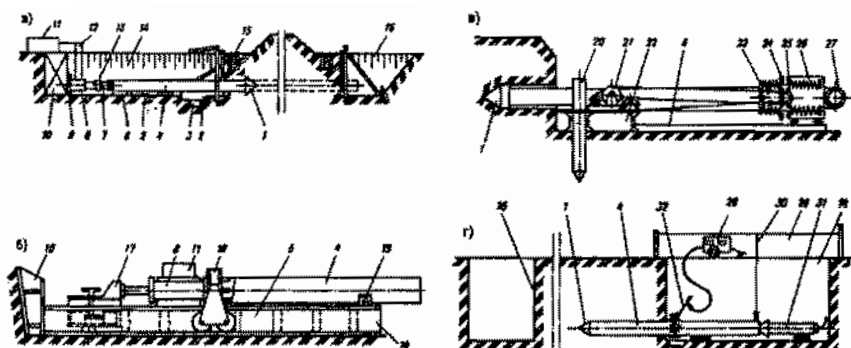


Рис. 12.3. Способы прокола труб: а - общая схема работ; б - прокол установкой ГПУ-600; в - вибропрокол установкой УВВГП-400; г - прокол труб с помощью вибропробойников; 1 - наконечник; 2, 3 - приемки; 4 - прокалываемая труба; 5 - шпалы; 6 - направляющая рама; 7 - нажимной патрубков; 8 - гидродомкраты; 9 - опорный башмак; 10 - упорная стенка; 11 - насосная станция; 12 - маслопроводы; 13 - нажимная заглушка; 14, 16 - рабочий и приемный котлованы; 15 - обводной лоток; 17 - подвижный упор; 18 - нажимная плита на тележке; 19 - фиксатор; 20 свая; 21 - лебедка; 22 - рама; 23 - планка; 24 - ударная приставка; 25 - направляющие стержни; 26 - вибрационный механизм; 27 - электродвигатель; 28 - электросварочный агрегат; 29 - при-чалка; 30 - отвес; 31 - пневмопробойник; 32 - сварка труб

Преимущества гидропрокола – относительная простота ведения работ и довольно высокая скорость образования скважины (до 30 м/смену). Существенными его недостатками являются сравнительно небольшая протяженность проходки (до 20 – 30 м), возможные отклонения от проектной оси и сложные условия работы вследствие загрязненности рабочего котлована. Поэтому гидропрокол целесообразно применять при бестрашейной прокладке труб через различные грунтовые преграды преимущественно в полевых условиях трассы, при достаточной обеспеченности водой и наличии необходимых мест для сброса пульпы вблизи производства работ.

Бестрашейную прокладку трубопровода в несвязных песчаных, супесчаных и плавунных грунтах ускоряют способом вибропрокола. В установках для вибропрокола применяют возбудители продольно направленных колебаний.

Способом вибропрокола можно не только прокладывать трубопроводы диаметром до 500 мм на длину 35 – 60 м при скорости проходки до 20 – 60 м/ч, но и извлечь их из грунта.

Наиболее эффективной является ударно-вибрационно-вдавливающая установка УВВГП-400 конструкции ВНИИГС. При использовании этой установки прокладываемую трубу (кожух) с закрепленным на одном конце инвентарным наконечником другим концом устанавливают в наголовнике ударной приставки вибромолота (рис. 12.3, в). Под действием ударных импульсов в сочетании со статическим вдавливанием с помощью пригрузочного полиспафта секция труб последовательно внедряется в грунт.

Используется также универсальная виброударная установка УВГ-51 (см. рис. 12.5,б) конструкции МИНХиГП им. Губкина, которая предназначена для прокладки труб диаметром до 530 мм способом прокола и диаметром 530 – 1020 мм способом виброударного продавливания.

Для бестраншейной закрытой прокладки труб диаметром 63 – 400 мм широко применяют механические грунтопрокальватели и пневматические пробойники типов ПР-60 (СО-144), ИП-4605, ИП-4603, ПР-400 (СО-134) и М-130. Механические винтовые прокальватели, работающие от двигателя внутреннего сгорания, могут прокалывать в глинистых грунтах трубопроводы диаметром до 89 – 108 мм при максимальной длине прокола 50 – 80 м и средней скорости проходки 18 – 20 м/ч. Пневмопроходку с помощью указанных пневмопробойников типа «Крот» применяют для устройства сквозных и глухих горизонтальных и наклонных скважин с уплотненными стенками диаметром 63 – 400 мм и длиной до 40 – 50 м, через которые прокладывают трубопроводы.

### 12.3. Прокладка труб способом продавливания

Бестраншейная прокладка труб продавливанием отличается тем, что прокладываемую трубу открытым концом, снабженным ножом, вдавливают в массив грунта, а грунт, поступающий в трубу в виде плотного керна (пробки), разрабатывают и удаляют из забоя. При продвижении трубы преодолевают усилия трения грунта по наружному ее контуру и врезания ножевой части в грунт.

Для продавливания труб применяют нажимные насосно-домкратные установки из двух, четырех, восьми и более гидродомкратов усилием по 500...3000 кН каждый с ходом штока 1,1 ... 2,1 м, работающие от насосов высокого давления. Количество домкратов в установке зависит от необходимого нажимного усилия  $P$ :

$$P = q_c l + [2 + (1 + \xi_0) P_1 + M_T] L t g \varphi$$

где  $q_c$  - удельное сопротивление вдавлыванию ножа в грунт, кн;  $l$  - периметр ножа, м;  $\xi_0$  - коэффициент бокового давления грунта;  $M_T$  - масса 1 м трубы (футляра), кг;  $L$  - длина продавливания трубы, м;  $t g \varphi$  - коэффициент трения трубы о грунт;  $P_1$  - вертикальное давление на 1 м длины трубы;

$$P_1 = \rho D_K^2 / (3t_{кр}),$$

где  $\rho$  - плотность грунта, т/м<sup>3</sup>;  $D_K$  - диаметр кожуха (футляра), м;  $t_{кр}$  - коэффициент крепости грунта по проф. М.М. Протодыякову.

Приближенное необходимое усилие для продавливания трубы

$$P = f\pi D_{\text{тр}} L,$$

где  $f$  – сила трения грунта по поверхности трубы, равная 20 ... 25 кН на 1 м<sup>2</sup> поверхности трубы, м;  $D_{\text{тр}}$  – наружный диаметр трубы, м;  $L$  – общая длина продавливания трубы, м.

Способом продавливания ведут прокладку не только стальных труб, но и железобетонных коллекторов и тоннелей из элементов различной замкнутой по периметру формы.

Для продавливания труб или элементов коллекторов и тоннелей применяют нажимные насосно-домкратные установки из двух, четырех, восьми и более гидродомкратов усилием 50 – 300 тс каждый с ходом штока 1,1 – 2,1 м. На практике для продавливания труб применяют установки с использованием гидродомкратов ГД-170/1150, ГД-170/1600 или ГД-500/600 и насосов высокого давления ЗШ-НВД, Г-17, ГБ-351 или Н-403. Количество домкратов в установке зависит от необходимого нажимного усилия для продавливания трубопровода.

Поскольку при продавливании труб больших диаметров, особенно в твердых грунтах, применяют особо мощные нажимные установки из нескольких домкратов, способных создать усилия более 10000 кН, для них необходимы прочные упорные стенки. Длина рабочих котлованов для продавливания труб диаметром 720 – 1420 мм составляет 10 – 12 м, а глубина их равна глубине заложения трубопровода или коллектора плюс 0,2 м. Ширина котлована в зависимости от диаметра продавливаемых труб принимается: для труб диаметром 720 мм – 2,8 м; 820 мм – 2,9; 920 мм – 3; 1020 – 4; 1220 – 4,5 и 1420 – 5 м. Приемный котлован служит для отсоединения рабочего органа или кольцевого ножа после продавливания трубопровода, что обуславливает его размеры и тип крепления.

Нажимное устройство состоит из силовой установки и приспособлений, передающих усилие на продавливаемую трубу. Усилие от домкратов на торец трубы передается при ее продавливании в грунт на длину хода штоков домкратов через нажимные патрубки. Поскольку при продавливании железобетонных труб и элементов коллекторов непосредственная передача усилий на них не допускается, между нажимным патрубком и их торцом устанавливают нажимную раму, а в стыках – прокладки из мастики. Работы по продавливанию трубопроводов делятся на подготовительный и основной периоды. В подготовительный период устраивают рабочий и приемный котлованы, ограждают их, монтируют упорную стенку и направляющие, продавливаемую трубу с нажимной установкой, а в основном периоде циклично выполняют работы по продавливанию трубы, включающие операции по продавливанию трубы, в забой на длину штока домкрата, обратного хода штока и постановки патрубка. При подготовке следующей трубы к продавливанию нажимной патрубков отводят в конец направляющих до соприкос-

новения со штоком домкрата, подают в рабочий котлован следующую трубу, выравнивают на направляющих и изолируют стык, опробывают нажимную установку. Таким образом, цикл продавливания повторяют до полного продавливания всего трубопровода или всей секции коллектора.

Способ продавливания бывает с ручной разработкой грунта и механизированной (рис. 12.4).

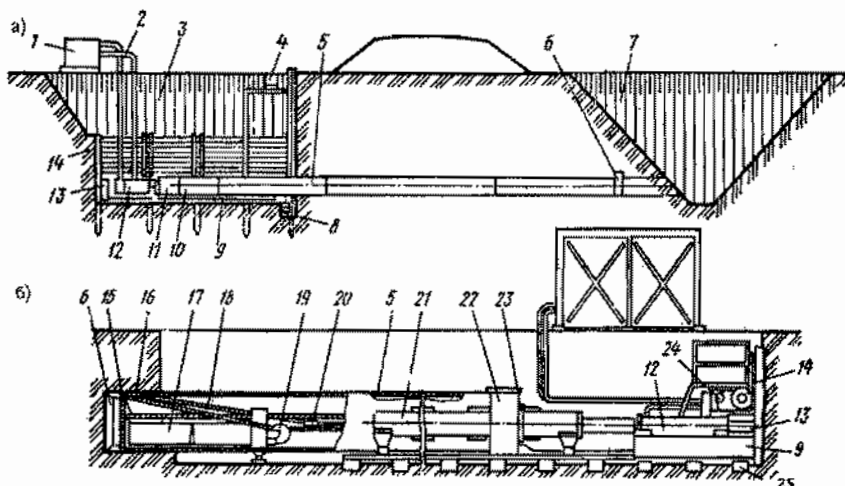


Рис. 12.4. Установки для прокладки труб методом продавливания: а - продавливание с ручной разработкой грунта; б - продавливание установкой СКБ Главмосстроя с механизированной разработкой грунта; 1 - насосная станция; 2 - трубопровод; 3 - рабочий котлован; 4 - водоотводный лоток; 5 - трубопровод (футляр); 6 - лобовая обделка (нож); 8 - приемок для сварки труб; 9 - направляющая рама; 10 - нажимной патрубок; 11 - нажимная заглушка; 12 - гидродомкраты; 13 - башмак; 14 - упорная стенка; 15, 18 - каньаты; 16 - ролики; 17 - ковш; 19 - барабан-накопитель; 20 - уравниватель; 21 - нажимные штанги; 22 - траверса; 23 - поворотные фланцы; 24 - лебедка; 25 - шпалы направляющей рамы

Применение ручной разработки грунта при продавливании малоэффективно, так как из-за неудобства удаления грунта из забоя снижаются производительность таких установок и общая скорость проходки. Поэтому для бесстрашной прокладки трубопроводов чаще всего применяют установки с механизированной разработкой и удалением грунта, в том числе установки типов СКБ Главмосстроя и ПУ-2 конструкции ЦНИИПодземмаша.

С помощью установки СКБ Главмосстроя (рис. 12.4, б) можно продавливать трубопроводы диаметром до 920 мм в грунтах I – III групп. Установка общей массой 13 т при давлении в гидросистеме 30 МПа (300 кгс/см<sup>2</sup>) и ходе штоков гидродомкратов 1,15 м позволяет достичь скорости прокладки 18 м в смену при общей максимальной длине трубопровода до 60 м.

Установка состоит из силового агрегата (два гидравлических домкрата ГД-170/1150 с индивидуальными насосными станциями Н-403), устройства для передачи нажимных усилий на торец труб, трехбарабанной лебедки

ки, предназначенной для отрезания грунтового керна и его транспортирования, ножевой секции с системой роликов, гидрораспределителя давления с контрольной аппаратурой.

Ножевую секцию длиной 930 мм с диффузором приваривают к переднему концу прокладываемой трубы. При вдавливании ножа в грунт он проходит через диффузор и поступает в телескопический ковш, который тросом извлекают из трубопровода через отверстие в траверсе и после отсоединения от троса удаляют из котлована. Опорожнившийся ковш затем снова укладывают в корпус рабочего органа и с помощью каната подают в забой.

**Установка ПУ-2** состоит из силового агрегата (два гидродомкрата ГД-170/1150, насосной станции, двухбарабаниой лебедки с пультом управления), рабочего органа, устройства для передачи нажимных усилий и ножевой секции. С ее помощью можно продавливать трубопроводы диаметром 1220 и 1420 мм в таких же грунтах, что и установкой СКБ Главмосстроя, при скорости прокладки 8,4 м в смену и максимальной длине трубопровода 60 м.

Бестрашнейшую прокладку труб диаметром 1220 мм способом продавливания в сухих и увлажненных грунтах I – III групп можно производить также с помощью **установки У-12/60 конструкции Гипронефтеспецмонтажа** (рис. 12.5, а). Этой установкой, имеющей массу 12,7 т, при усилии продавливания 3400 кН и мощности приводных электродвигателей 18 кВт, можно продавливать трубы указанного диаметра на длину 60 м. Головку установки приваривают к продавливаемому трубопроводу для восприятия лобового сопротивления грунта. Грунт удаляется челноком, находящимся внутри головки.

Работа установки заключается в периодическом вдавливании прокладываемой трубы на длину хода домкрата (1000 мм) с последующим извлечением челнока из трубы и его разгрузкой. После каждого цикла надавливания производят операции по удалению нажимных патрубков, зачистке места установки челнока в головке, наращиванию или установке нажимных патрубков большей длины для последующего надавливания. Заполнение челнока грунтом обеспечивается вдавливанием трубы гидравлическим домкратом. Разгрузку челнока производят в отвал или на транспорт.

**Виброударной установкой УВГ-51** (рис. 12.5, б) можно продавливать трубы (кожухи) диаметром 530 – 1020 мм, причем диаметром до 530 мм без эвакуации грунта из скважины, а диаметром до 1020 мм – с эвакуацией грунта. С помощью этой установки общей массой 6,3 т при массе ударной части 2,5 т и мощности электродвигателя 75 кВт можно прокладывать трубы на длину до 50 м. При прокладке труб способом виброударного прокола (диаметром до 530 мм) к забойному концу трубы (кожуха) приваривают глухой конусный наконечник, забивают трубу, нанося удары вибромотом с дополнительной статической нагрузкой (до 50 т) или без нее.

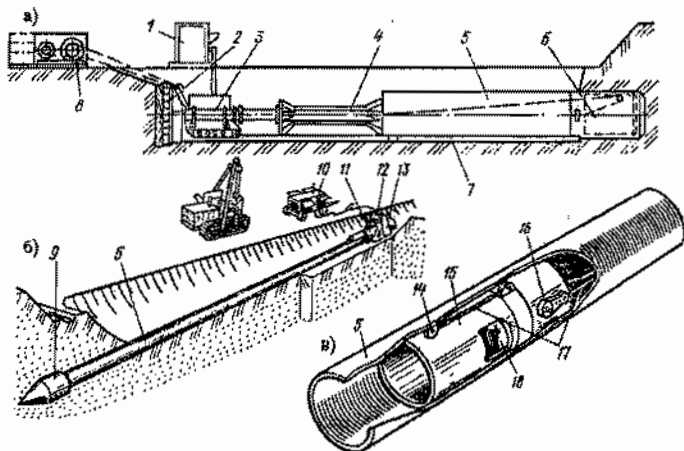


Рис. 12.5. Установка У-12/60 для продавливания труб больших диаметров и виброударная установка УВГ-51: 1 - гидропривод; 2 - упорный башмак; 3 - гидродомкрат; 4 - нажимной патрубок; 5 - труба (футляр); 6 - головка; 7 - направляющая; 8 - лебедка; 9 - конусный наконечник; 10 - передвижная электростанция; 11 - корпус установки с расположенным внутри него вибромолотом горизонтального действия; 12 - электродвигатель; 13 - порталная рама; 14 - неподвижный блок; 15 - стакан; 16 - вибромолот с электроприводом; 17 - канаты для перемещения желонки внутри трубы (футляра); 18 - окно для разгрузки грунта

При прокладке труб способом виброударного продавливания на забойном конце трубы наконечник не устанавливают, а приваривают сверху серповидную накладку для обеспечения зазора (10 – 15 мм) между скважиной и трубой, а в задней части трубы прорезают два боковых симметрично расположенных разгрузочных окна для удаления грунта. Внутри трубы (кожуха) помещают виброударную желонку (рис. 12.5, в). При проходке труба (кожуш) открытым концом внедряется в грунт на определенное расстояние (заходку), а затем желонка подается канатом к ее забойному концу, внедряется с помощью вибромолота в грунт, забирает его и с помощью каната перемещается к разгрузочным окнам, где под действием ударов вибромолота грунт высыпается через окна желонки в разгрузочные окна кожуша на дно траншеи.

Процесс проходки состоит из отдельных периодически повторяющихся циклов, в которых каждое внедрение в грунт трубы на 1 – 5 диаметров чередуется с выбором грунтового керна виброударной желонкой, причем при необходимости в забойной части кожуша всегда может оставаться грунтовая пробка длиной 1 – 3 диаметра, исключая отбор лишнего грунта и, тем самым, возможность образования пустот в грунтовом массиве.

Иногда применяют также способы с разработкой грунта гидроразмывом и удалением его из забоя в виде пульпы. Возможно также более простое по конструкции и надежно действующее устройство для продавливания



ння труб домкратами с разработкой грунта в забое гидромонитором и удалением его с помощью шнека. С помощью такой установки можно прокладывать трубы диаметром 400 – 1220 мм на длину до 100 м при средней скорости 12 – 15 м в смену.

Железобетонные трубы и элементы коллекторов продавливают с помощью металлического ножа, опорное кольцо которого соответствует форме торца продавливаемых труб или указанных элементов. При разработке грунта в забое вручную или с помощью многогабаритных гидроэкскаваторов грунт убирают только в пределах выходного отверстия ножа, оставляя впереди грунтовую пробку. В пластичных грунтах в ножевую секцию встраивают решетку, разрезающую грунт на отдельные блоки, которые затем удаляют.

Для продавливания тоннельных коллекторных секций диаметром 2,5 – 3,5 м Главмосинжстроем предложен специальный комплекс оборудования, состоящий из металлического оголовка, нажимной колонки – сердечника, переходника, упорной вставки, кондуктора, силового агрегата, гидравлического вагонопрокидывателя и опорной плиты. Непосредственно в грунт ножевую секцию с железобетонным кольцом вдавливают силовым агрегатом через переходник при общем нажимном усилии до 19,8 МН и давлении в гидросистеме 30 МПа.

Способ продавливания тоннельных секций может быть применен в различных инженерно-геологических условиях. Этим способом можно продавливать тоннели и коллекторы длиной до 20 – 50 м, а при использовании промежуточных домкратных установок – длиной до 300 м и более. Однако существенным недостатком при этом является разрушение стыков и появление в стенах тоннелей трещин. Для устранения этих недостатков специалистами Главмосинжстроя разработана и внедрена новая технология прокладки тоннелей, при которой внутри каждого кольца соосно монтируют секцию упорной металлической обечайки (сердечника), на которой закрепляют, не касаясь друг друга, элементы тоннеля или коллектора. Сжимающее усилие в этом случае воспринимаются не железобетонными элементами, а обечайкой. Благодаря этому появляется возможность не только продавливать в грунт тоннельные секции с полной их сохранностью, что очень важно, но и уменьшать толщину стенок секций и увеличить длину продавливания. Для устройства тоннелей и коллекторов по указанной технологии создан специальный проходческий комплекс УПК-3, применение которого, по данным треста №2 Главмосинжстроя, повышает производительность труда в 1,5 – 2 раза и одновременно позволяет улучшить качество сооружаемых коллекторов, а также условия работы проходчиков.

## 12.4. Прокладка труб способом горизонтального бурения

Процесс бурения и прокладки звеньев трубопровода в скважину может быть раздельным и совмещенным. При раздельном методе вначале бурят скважину, а затем, после извлечения из нее бурового инструмента, протаскивают трубопровод. При совмещенном методе одновременно с продвижением бурового инструмента прокладывают трубу.

Для прокладки трубопроводов способом горизонтального бурения применяют **бурильно-шнековую установку типа ДМ-1** с механическим приводом, способную в глинистых грунтах создавать горизонтальные скважины диаметром до 325 мм и длиной до 40 м. Для прокладки трубопроводов большого диаметра используют эксцентрично-сверильные установки с циклическим удалением грунта типа «Запорожье», оснащенные набором сменного оборудования для прокладки труб диаметром 325 – 377, 426 – 630 и 820 – 1420 мм путем их последовательного наращивания в скважине звеньями длиной по 6 м при скорости проходки 6 – 12 м в смену.

Более производительными и распространенными являются **унифицированные шнековые установки горизонтального бурения (УГБ или ГБ)**, в которых совмещаются процессы бурения, прокладки труб с непрерывным удалением грунта из забоя (рис. 12.6, а). С помощью установок УГБ и ГБ можно прокладывать трубопроводы в грунтах до IV группы диаметром 325 – 1420 мм протяженностью 40 – 60 м при скорости бурения от 1,5 – 1,8 до 12,7 – 19 м/ч.

Процесс бурения скважины и прокладки трубопровода с помощью установок УГБ и ГБ следующий. В ходе прокладки непрерывное механическое бурение скважины осуществляют фрезерной головкой, а удаление разрыхленного грунта – винтовым конвейером. На рис. 12.6, б показана установка УГБ, смонтированная на базе трактора Т-100М.

Разработана также установка ГБ-1621 для прокладки труб (кожухов) диаметром 1720 мм способом горизонтального бурения или продавливания с механизированной разработкой и транспортированием грунта из забоя производительностью 10–12 м в смену при общей длине прокладки до 60 м.

Бестраншейную прокладку трубопроводов большого диаметра горизонтальным бурением осуществляют еще путем расширения пионерной скважины. Вначале с помощью установки УГБ или ГБ разрабатывают пионерную скважину с одновременной прокладкой в ней трубы-лидера. Затем обратным ходом установки с помощью расширителя, установленного на конце шнека, пионерную скважину разбуривают под трубу большого диаметра. При обратном ходе труба-лидер выталкивается из скважины прокладываемым трубопроводом большого диаметра. Для прокладки трубопроводов этим способом ВНИИСТ разработал установку ГБ-1720, состоящую из двух агрегатов для бурения пионерной скважины и ее разбуривания, подачи основного трубопровода и выталкивания трубы-лидера.

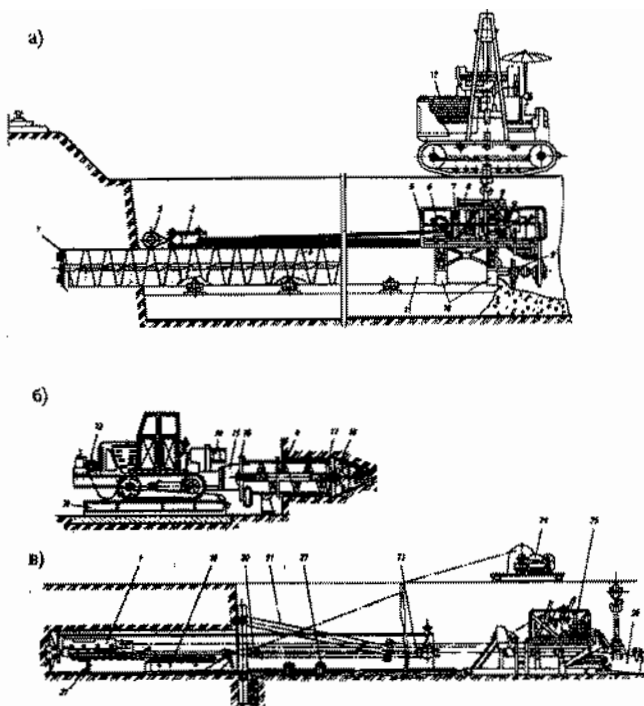


Рис. 12.6. Бестраншейная прокладка труб способом горизонтального бурения установками типа УГБ и ГБ (а), УГБ на тракторе (б) и ПМ-800-1400 (в): 1 - режущая головка; 2 - упорный якорь; 3 - полиспаст; 4 - шнек; 5 - рама; 6 - лебедка; 7 - карданный вал; 8 - двигатель внутреннего сгорания; 9 - вал привода шнека; 10 - хомуты; 11 - прокладываемая труба; 12 - кран-трубоукладчик; 13 - тяговое устройство на тракторе; 14 - сварочный генератор; 15 - коробка отбора мощности; 16 - опорная плита; 17 - люнет; 18 - рабочий орган; 19 - совок; 20 - обойма блока; 21 - опорная стенка; 22 - направляющая рама; 23 - захват; 24 - лебедка подачи; 25 - разгрузочно-тяговое устройство; 26 - емкость; 27 - разгрузочный обратный клапан

На рис. 12.6, в показана машина ПМ-800-1400 общей массой 11,2 т, предназначенная для прокладки труб диаметром 830, 920, 1020, 1120, 1220, 1320 и 1420 мм в любых грунтовых условиях, кроме пльвунов и скальных пород. Установка при установлении мощности электродвигателей 24,6 кВт может прокладывать трубы на длину до 120 м при средней производительности до 15 м/смену. Грунт в процессе продвижения трубы извлекают из нее с помощью совка, который после загрузки вытягивают из трубы с помощью специальных устройств, разгружают либо в приямок, либо в емкость. Машину обслуживает бригада из 4 человек.

Способом горизонтального бурения можно проходить выработки для бестраншейной прокладки трубопроводов практически любых диаметров с относительно меньшими усилиями, чем при проколе или продавливании. Имеются также некоторые возможности увеличения ее производительности

за счет совершенствования процесса резания. Однако существенным недостатком при этом остается необходимость удаления из пробуренной скважины грунта. Поэтому сейчас разрабатывается новая технология проходки горизонтальных выработок без удаления грунта способом бурения и раскатки. Проходку выработок этим способом выполняют с помощью специальных грунтораскатывающих установок с режущей рабочей головкой, оборудованной ножами пропеллерного типа. Разработанный грунт шнеком подается в затрубное пространство, образованное раскатывающим устройством (рис. 12.7). Трубопровод при этом подается так же, как и при проколе, с передачей усилия от нажимной плиты на трубопровод, на переднем конце которого смонтирован рабочий орган, режущий, раскатывающий и укладываемый грунт в затрубное пространство.

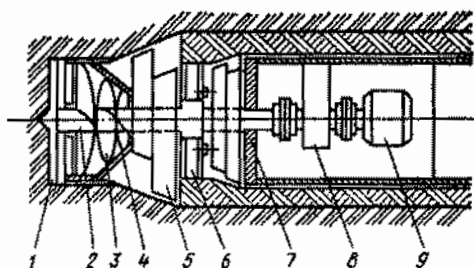


Рис. 12.7. Горизонтальное бурение выработки под трубопровод грунтораскатывающей установкой:

1 - пропеллерный нож; 2 - вал; 3 - шнек; 4 - футляр; 5 - раскатывающее устройство; 6 - смесительное отделение; 7 - устройство вторичного раскатывания; 8 - редуктор; 9 - двигатель

Одним из эффективных способов бестраншейной прокладки трубопроводов с предварительным устройством горизонтальной скважины является применение пневматических пробойников. С помощью пневмопробойников типа «Крот» можно устраивать в грунте скважины с уплотненными стенками диаметром 63...400 мм и длиной до 40...50 м, в которых прокладывают трубопроводы. Пневмопробойник представляет собой самодвижущуюся в грунте пневматическую машину ударного действия. Его корпус является рабочим органом, образующим скважину, а ударник, размещенный в корпусе, совершает под действием сжатого воздуха возвратно-поступательные движения и наносит удары по переднему торцу корпуса, забивая его в грунт. Обратному перемещению корпуса препятствуют силы трения его о грунт. Благодаря осевой симметрии и значительной длине (1,4 – 1,7 м) пневмопробойник при движении в грунте сохраняет заданное направление.

Для прохождения скважины пневмопробойник запускают в грунт из входного прямока в направлении приемного (рис. 12.8). В процессе движения он своим коническим передним концом уплотняет грунт, раздвигает его в сторону и образует скважину. Для восприятия реактивных усилий в момент запуска пневмопробойника из входного прямока и для увеличения точности проходки применяют специальные стартовые устройства, а для уменьшения искривления скважины в сложных условиях и при значитель-

ной длине проходки к пневмопробойнику крепят насадку-удлиннитель. При обеспечении точного его запуска отклонение скважины от проектного положения на длине 20 м не превышает 0,2–0,3 м по вертикали и по горизонтали. Минимальная глубина заложения скважины зависит от ее диаметра и колеблется от 0,5 до 2,5 м.

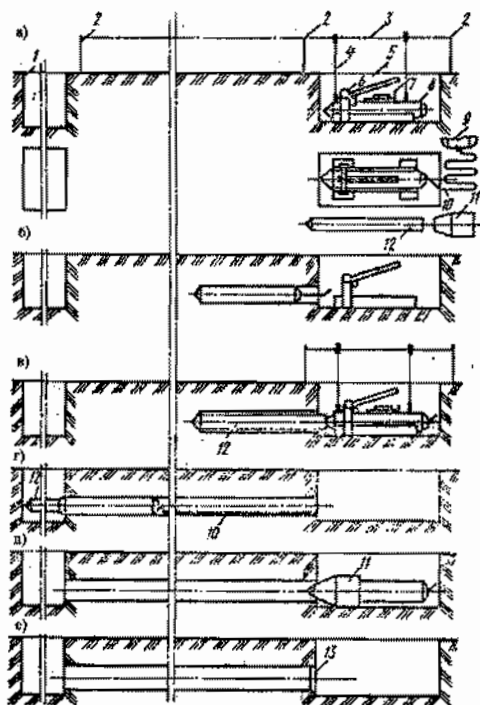


Рис. 12.8. Схема производства работ при пробивке скважин пневмопробойником: а, б - нацеливание и запуск пневмопробойника; в - установка удлинителя; г - пробивка скважины; д - установка расширителя; е - готовая скважина; 1 - приемный приямок; 2 - вешки; 3 - шнур; 4 - отвес; 5 - входной приямок; 6 - стартовое устройство; 7 - линейка с уровнем; 8 - пневмопробойник; 9 - компрессор; 10 - шланг; 11 - расширитель; 12 - удлиннитель; 13 - заглушка

Для прокладки стальных труб с помощью пневмопробойников их используют в качестве ударного узла, присоединенного к заднему торцу и забивающего ее в грунт (рис. 12.9, а). На переднем конце трубы крепят конусный наконечник. При этом возможны два варианта технологии работ: забивка трубы в грунт и забивка ее в лидирующую скважину (в устойчивых глинистых грунтах). По мере забивки трубы сваривают с обязательным усилением стыков продольными накладками (рис. 12.9, б). При этом особое внимание обращают на соосность соединяемых труб. С помощью пневмопробойника можно также заменять старые трубы подземной прокладки новыми того же или большего диаметра (рис. 12.9, в). Для этого первую секцию нового трубопровода присоединяют к удаляемому (в случаях разных их диаметров – с помощью конического переходника), а старую трубу по мере выхода в приемный приямок обрезают и удаляют. Пневмопробойником можно также извлекать из грунта стальные трубы диаметром до 800 мм.

При извлечении труб из грунта пневмобойник используют в качестве ударного механизма, прикрепленного к переднему торцу трубы (рис. 12.9, г).

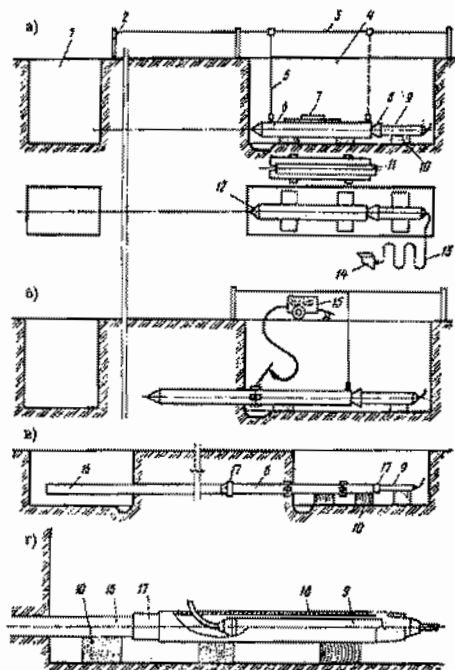


Рис. 12.9. Схема прокола стальной трубы (футляра) с помощью пневмобойника: 1 - приемный приямок; 2 - вешки; 3 - шнур; 4 - входной приямок; 5 - отвес; 6 - головная секция забиваемой трубы; 7 - линейка с уровнем; 8 - насадка; 9 - пневмобойник; 10 - прокладка; 11 - секция труб; 12 - оголовок; 13 - шланг; 14 - компрессор; 15 - сварочный агрегат; 16 - извлекаемая труба; 17 - переходная втулка; 18 - приспособление для извлечения труб

Важным вопросом, независимо от применяемого способа бестраншейной прокладки трубопровода, является обеспечение и проверка заданного положения трубопровода в процессе его прокладки. Для обеспечения необходимого направления прокладываемой трубы используют вертикальные и горизонтальные направляющие рамы, устанавливаемые на дне рабочего котлована. Направляющие рамы изготавливают из деревянных брусков, шпал и рельсов или профилированного проката (уголков и т.д.). Горизонтальную направляющую раму устанавливают от опорной рамы домкратов до приямка, предназначенного для сварки и изоляции стыков прокладываемых труб. Направляющие рельсы или уголки рам тщательно центрируют и выверяют в плане и вертикальной плоскости (по заданному уклону) с помощью точных геодезических приборов. Все это, как показывает опыт, обеспечивает в процессе бестраншейной прокладки труб заданное их направление и положение.

При использовании пневмобойников благодаря их осевой симметрии и значительной длине (1,4 - 1,7 м) в основном сохраняется при движении в грунте заданное направление. При этом точность проходки скважины зависит от двух факторов: точности ориентирования пневмобойников

при запуске и прямолинейности его движения в грунте. Для увеличения точности ориентирования запуск пневмопробойника должен производиться с помощью точно выверенного и отцентрированного стартового устройства. Прямолинейность движения его в грунте обеспечивается, как отмечалось, за счет осевой симметрии и значительной длины корпуса пневмопробойника. Однако она также зависит от однородности грунта, глубины заложения скважин, наличия твердых включений, пустот, мерзлого грунта. Для уменьшения искривлений скважины в сложных грунтовых условиях и при их значительной длине к пневмопробойникам прикрепляют специальные насадки – удлинители. При обеспечении точности запуска пневмопробойника отклонение скважин от заданного положения на длине 20 м, как правило, не превышает 0,2 – 0,3 м по вертикали и 0,05 – 0,1 м по горизонтали, что вполне приемлемо.

### 12.5. Прокладка рабочего трубопровода в футляре

Рабочий трубопровод, размещенный в футляре на участке подземного перехода, является наиболее ответственным участком водовода, и поэтому к нему предъявляются повышенные требования, как в отношении прочности, так и надежности. Для него применяют стальные трубы с толщиной стенки на 15 – 25% больше толщины стенки основного трубопровода. Монтаж и сварку рабочего трубопровода выполняют чаще всего непосредственно на месте устройства перехода, из одиночных труб или плетей длиной до 36 м. После испытания и устранения дефектов на него наносят слой антикоррозионной изоляции, для предохранения которого от механических повреждений при прокладке трубопровода его в пределах футляра футерируют деревянными рейками.

Укладку рабочего трубопровода в футляре осуществляют способами проталкивания и протаскивания. **Проталкивание** применяют при устройстве переходов из труб диаметром до 1020 мм. Для проталкивания труб используют краины-трубоукладчики грузоподъемностью 12 – 35 т. Перед проталкиванием трубопровода на дне котлована делают направляющую дорожку из шпал, уголков и рельсов, на которую после смазки солидолом его укладывают. Далее на торце футляра крепят оттяжной ролик (блок), через который пропускают тяговый канат с крюком на конце. Крюк заводят за стенку рабочего трубопровода, а второй конец каната зацепляют за крюк краина-трубоукладчика. В процессе подъема крюка канат натягивается и посредством системы запасовки его через ролик проталкивает рабочий трубопровод в футляр.

**Протаскивание** рабочего трубопровода применяют при устройстве переходов из труб диаметром 1220 мм и более. При этом используют тракторы, краины-трубоукладчики или приводные и ручные лебедки грузоподъемностью 3 – 5 т. Перед началом протаскивания трубопровода, как и при

проталкивании, устраивают направляющую дорожку и ее смазывают солидолом. Тяговый трос крепят за специальный наконечник или скобу, приваренные к переднему концу трубопровода. Конец троса протягивают через оттяжной блок, закрепленный в котловане со стороны расположения тяговых механизмов, и начинают протаскивание. После прокладки рабочего трубопровода в футляре монтируют сальники, устраивают колодцы и выполняют другие работы, предусмотренные проектом.

## 12.6. Щитовая проходка тоннелей и коллекторов

Щитовая проходка, применяемая при устройстве коллекторов и тоннелей, предусматривает разработку грунта под прикрытием щита и закрепление коллектора или тоннеля сборными чугунными, железобетонными тубингами или монолитным бетоном, а также керамическими блоками. Щитовую проходку ведут обычно с помощью проходческого щита, изготовленного в виде металлической оболочки, диаметр которой равен наружному диаметру сооружаемого тоннеля. Ее применяют в тех случаях, когда другие, ранее рассмотренные способы бестраншейной прокладки трубопроводов, применять не представляется возможным.

В больших городах с помощью щитовой проходки устраивают тоннели для совмещенной прокладки трубопроводов и коммуникаций, а также заглубленные главные (отводящие сточные воды на очистные сооружения) канализационные коллекторы.

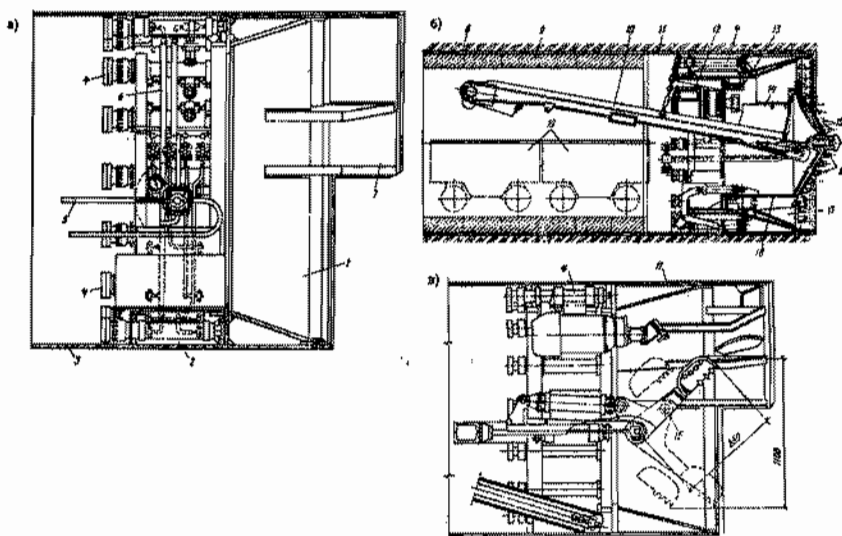
**Конструкции применяемых проходческих щитов.** Щит состоит из трех основных частей: передней – режущей клиновидной формы с козырьком или без него, средней – опорной, где размещаются домкраты, и задней – хвостовой. Щит вдавливают в грунт гидравлическими домкратами, а грунт перед щитом разрабатывают ручным или механическим способом. Сооружение обделки (стенок) коллектора выполняют в хвостовой части щита. Для щитовой проходки применяют проходческие щиты нескольких видов (рис. 12.10) с наружным диаметром 2 – 5 м, которые в зависимости от способа разработки грунта в забое и его транспортировки подразделяют на механизированные, частично-механизированные и немеханизированные. Механизированные щиты более производительны, но сложнее в эксплуатации, а немеханизированные отличаются простотой в управлении и широко применяются при проходке коллекторов диаметром до 2,5 м.

**Немеханизированные проходческие щиты** конструктивно в основном одинаковы, хотя и бывают нескольких разновидностей – с открытой и закрытой головной частью, жесткими решетками и горизонтальными полками. В щите с открытой головной частью диаметром 2 м (рис. 12.10, а) для срезания грунта и внедрения щита режущая часть оснащена козырьком с клиновидным ножом. Щит периодически продвигается вперед с помощью гидравлических домкратов, расположенных по периметру щита и упирающихся своими штоками в ранее уложенные элементы тоннельной обделки.



Опорная часть, расположенная посредине щита, обеспечивает ему необходимую прочность и жесткость, а под защитой хвостовой части монтируют одно-два кольца сборной или сооружают определенный участок монолитной обделки коллектора.

Скорость проходки тоннелей немеханизированными щитами в зависимости от диаметра выработки, категории грунта, числа и типа домкратов, мощности насосной установки колеблется от 0,8 до 1,2 м/смен.



**Рис. 12.10. Проходческие щиты:** а - немеханизированный с открытой головной частью; б - механизированный с роторным рабочим органом; в - то же, с экскаваторным; 1, 7 - режущая (ножевая) часть с козырьком; 2 - опорная часть; 3 - хвостовая часть; 4 - гидравлические домкраты; 5 - напорная труба, подающая рабочую жидкость; 6 - распределительная трубка; 8 - подземная выработка; 9 - кольцо обделки; 10 - ленточный конвейер-перегрузатель; 11 - стальной корпус; 12 - электродвигатель; 13 - зубчатый венец; 14 - приемное окно; 15 - роторная конусная часть; 16 - съемные резцы; 17 - боковые спиральные лопатки; 18 - неповоротный цилиндр; 19 - тележки

**Механизированные щиты** (рис. 12.10, б, в) имеют механизмы для разработки грунта, укладки блоков и выдачи разработанного грунта на погрузочные средства. Рабочие органы щитов могут быть, например, роторными, штанговыми, экскаваторными, гидромеханическими. Чаще применяют щиты с роторными (рис. 12.10, б) и экскаваторными (рис. 12.10, в) рабочими органами. В щите с роторным рабочим органом в результате его вращения грунт, разрушенный резцами, непрерывно подхватывается спиральными лопатками и через приемное окно поступает на ленточный конвейер, а затем в тележки со съёмными кузовами. Рабочий орган с помощью гидравлических домкратов выдвигается вперед на расстояние до 1 м и независимо от движения щита одновременно с перемещением конвейера-перегрузате-

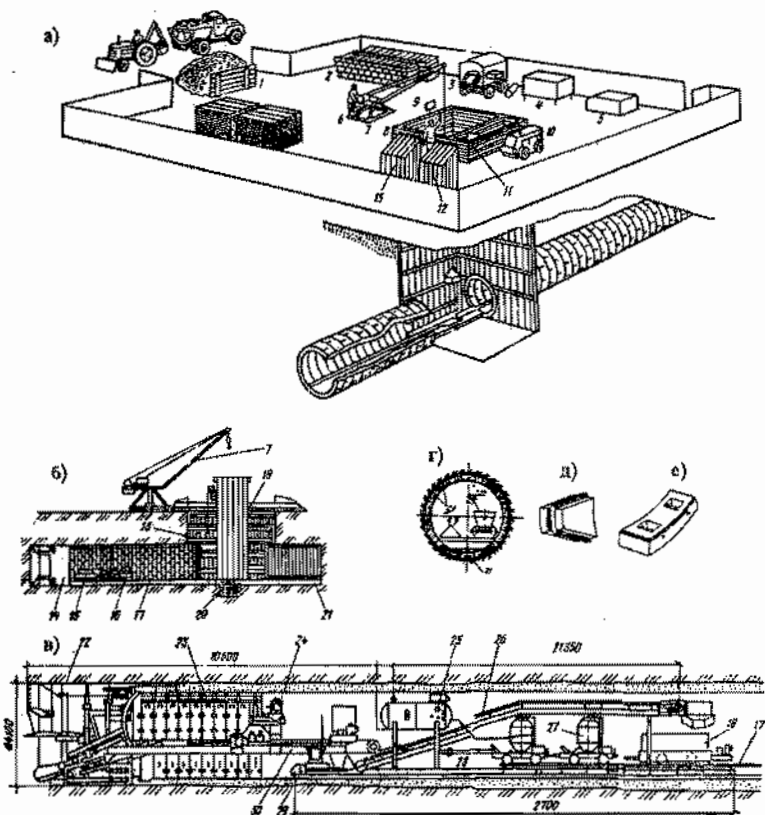
ля. После разработки забоя на длину одного кольца обделки рабочий орган отводят назад, щит продвигают вперед и в хвостовой части с помощью бетоно- или блокоукладчика укладывают очередное кольцо обделки. Выдача грунта на поверхность и подача материалов (элементов сборной обделки, цемента и др.) к щиту производятся средствами горизонтального внутреннего (двухосные тележки со съёмными кузовами, вагонетки, тележки-блоковозки, электрокары) и вертикального (клетьевые подъемники, стреловые краины и т.д.) транспорта. Механизированный щит с экскаваторным рабочим органом (рис. 12.10, в) разрабатывает грунт по принципу обратной лопаты. Грунт из ковша выгружают на ленточный конвейер и затем в тележки внутритоннельного транспорта. Такой щит диаметром 2 м передвигается 16 гидравлическими домкратами грузоподъемностью по 125 т каждый.

Для проходки тоннелей и коллекторов диаметром 1,8 – 3,55 м применяют также механизированные щитовые комплексы типа КЩ диаметром 2,1 – 4 м.

**Щитопроходческие работы** выполняют обычно в три стадии. На первой (подготовительной) устраивают монтажную или начальную шахту для опускания щита в забой, подводят электроэнергию, устраивают вентиляцию и т.п. Прокладывают также пути для откатки грунта, оборудуют шахтный двор, т.е. стройплощадку (рис. 12.11, а). По окончании строительства коллектора щит из него выводят и поднимают на поверхность через де-монтажную или конечную шахту. Иногда также устраивают промежуточные шахты для подачи материалов, выдачи грунта и вентиляции забоя. В начальной шахте устраивают свайный упор и монтируют на проектной отметке проходческий щит. На второй стадии начинают проходку – передвижку щита, включающую разработку грунта в забое, продвижение щита, монтаж блочной или возведение монолитной обделки. На третьей стадии, если тоннель используется как самотечный трубопровод (канализационный коллектор), внутри него устраивают лоток.

**Введение щита в забой.** Щит в шахту опускают стреловым краем и затем внизу устанавливают его в направлении проходки. Непосредственно в забой щит вводят с помощью гидравлических домкратов, упираемых в специально устроенную временную опору (упор). В стене шахты в месте забоя оставляют круглое отверстие диаметром, на 100 мм превышающим диаметр щита, необходимое для ввода щита в забой. По мере разработки грунта и продвижения щита устанавливают блочную обделку по всему периметру коллектора. Когда щит полностью войдет в грунт и будет пройдено первых 10 – 12 м коллектора, разбирают упор, снимают рамы и распорки. Затем в основной монтажной или промежуточной шахте оборудуют бадье-вое отделение для подъема вагонеток или их кузовов с грунтом, а также подачи необходимых материалов для щитопроходческих работ, для чего над бадьевым отделением устанавливают стреловой кран. Для входа работающих в коллектор и выхода из него в шахте бадьевого отделения устра-

ивают лестничную клетку. Оборудовав бадьевое отделение, начинают щитовую проходку.



**Рис. 12.11.** Схемы организации площадки при щитовой проходке тоннели (коллектора) и щитопроходческих работах: а - организация стройплощадки; б - проходка немеханизированным щитом с ручной разработкой грунта; в - проходка коллектора диаметром 4,1 м механизированным щитовым комплексом с обделкой из монолитного пресс-бетона; г - монтаж обделки коллектора; д - трапециевидные блоки; е - железобетонные тубинги; 1 - отвал грунта; 2 - складирование тубингов; 3 - растворосмеситель; 4 - бак для воды; 5 - емкость для цемента; 6 - рабочее место крановщика; 7 - кран; 8 - место сигнальщика; 9 - табличка с перечнем установленных сигналов; 10 - компрессор; 11 - доска замера газа; 12 - пункт электропитания; 13 - вентиляционная установка; 14 - немеханизированный щит; 15 - вагонетка с бадьями; 16 - электровоз; 17 - рельсовый путь; 18 - насосная установка для откачки воды; 19 - шахта; 20 - приемок; 21 - камера; 22 - механизированный щит; 23 - секция опалубки; 24 - механизм перемещения опалубки; 25 - цистерна; 26 - транспортер выдачи грунта; 27 - вагонетки бункерного типа для загрузки с транспортера; 28 - бетонопровод; 29 - механизм передвижения платформы; 30 - транспортный мост; 31 - блоки обделки; 32 - замковый блок

Встречающиеся при щитовой проходке разнообразные гидрогеологические условия усложняют производство работ, однако в настоящее время

разработано оборудование и имеются способы, позволяющие осуществлять проходку практически в любых грунтовых условиях. В устойчивых грунтах применяют механизированные щитовые комплексы типа КЩ с наружным диаметром щитов 2,1; 2,6; 3,2 и 4 м. В твердых грунтах, когда невозможно использовать комплексы КЩ, проходку ведут немеханизованными щитами с ручной разработкой грунта (рис. 12.11, б). Для разработки крепких пород применяют отбойные молотки либо взрывной метод.

Проходка коллектора включает в себя ряд процессов, в том числе: разработку пород в забое, передвижку щита, транспортировку материалов, устройство блочной или монолитной обделки тоннеля, инъецирование стыков, вспомогательные работы по устройству откаточных путей и прокладке коммуникаций. Ведущим процессом является разработка породы в забое, так как от нее зависит темп проходки. Трудоемкость проходческих работ в значительной степени зависит от типа применяемого щита, так как ручная разработка породы в забое при немеханизованных щитах отличается повышенной трудоемкостью. Поэтому, когда позволяют грунтовые условия, следует применять механизированные щитовые комплексы (рис. 12.11, в). Разработку мягких пород грунта ведут под защитой козырька и режущей части щита. Грунт в забое не добирают до конца щита на 10 – 15 см. Глубина разработки породы зависит от характера грунтов, условий трассы коллектора, диаметра и конструкции щита, но обычно разработку ведут на ширину одного кольца обделки. В связи с подвижностью грунта и необходимостью сохранности расположенных над коллектором зданий и сооружений производят крепление лба забоя (рис. 12.11, в). Разработку грунта ведут сверху вниз и поэтому сначала крепление с верхней части забоя снимают, а после разработки грунта на необходимую глубину лоб забоя снова укрепляют. Затем снимают крепление в нижней части забоя и разрабатывают здесь грунт с последующим закреплением. При передвижке щита лоб забоя крепят на всю высоту. Таким же способом ведут разработку забоя в сыпучих песках.

Но в последнее время все чаще применяют способ самозакрепления забоя от обрушения, для чего применяют щиты с горизонтальными полками.

В водонасыщенных и слабых грунтах щитопроходческие работы значительно осложняются. В грунтах с умеренным притоком грунтовых вод проходку ведут с перекрытием лба забоя или, как говорят, «с закрытой грудью». При этом лоб забоя частично или полностью перекрывают шандорами (стальными щитами), установленными на болтах с внутренней стороны ножевого кольца. Однако лучше всего борьбу с грунтовыми водами при щитовой проходке вести способом искусственного осушения забоя легкими или эжекторными нглофильтрами или погружными насосами в скважинах. В тех случаях, когда из-за чрезмерно малой величины коэффициента филь-

трации грунтов применить водопонижительные установки не представляется возможным, или по другим причинам применяют способы разработки грунта в забое под защитой сжатого воздуха (кессонным способом) или путем замораживания забоя. При кессонном способе проходки грунтовая вода отжимается избыточным давлением воздуха, для чего коллектор разделяется на зону повышенного и нормального давления с помощью воздухо непроницаемых перегородок и шлюзов, необходимых для прохода людей и транспортировки материалов и породы.

**Обделку тоннелей (коллекторов)** устраивают из сборных элементов (блоков или тюбингов) (рис. 12.11, д, е), а также монолитного бетона и железобетона. Обделка из тюбингов, устанавливаемых без связей, наиболее экономична. Работы по устройству обделки тоннеля начинают с укладки лотковых блоков, а затем по обе стороны монтируют боковые блоки и в заключение устанавливают замковый блок (см. рис. 12.11, г). Блоки можно укладывать с постепенным убиранием штоков домкратов и освобождением места для блока нового кольца или с одновременной уборкой штоков всех домкратов. Каждый блок после укладки обжимают домкратами. При укладке кольца из трапециевидных блоков некоторые из них не доводят на всю длину, что облегчает сборку, а после установки замкового блока их дожимают домкратами вместе с замковым блоком, и далее они служат опорами домкратов при передвижении щита. В щитах диаметром до 2,6 м блоки укладывают вручную, а в щитах больших диаметров – механическими блокочладчиками с гидравлическим или электрическим приводом. В щитах диаметром 3,6 м блокочладчик прикреплен непосредственно к щиту. Укладку тюбингов ведут снизу в обе стороны вверх до замка. В каждом кольце тюбинги укладывают со сдвижкой на два отверстия во избежание сквозных продольных швов. Чтобы кольцо имело правильную форму, между тюбингами и оболочкой щита укладывают дубовые клинья, убираемые после установки замкового тюбинга. При передвижении щита происходит обжатие тюбинговой обделки, после чего швы между тюбингами зачеканивают с одновременной заделкой металлических стырсы в соединениях раствором на расширяющемся цементе.

В заключение насосом под давлением 1,5 – 2 МПа нагнетают раствор за обделку, что необходимо для придания кольцу большей жесткости (во избежание его самопроизвольного оседания) и заполнения выработанного пространства.

**Устройство обделки из монолитного бетона**, особенно из пресс-бетона, используют все шире. Для получения монолитно-прессованной обделки из пресс-бетона в хвостовой части щита устанавливают опалубку, за которую нагнетают бетон. Принцип работы щитового механизированного

комплекса при этом основан на сочетании вдавливания в забой головной части щита и одновременного прессования бетонной смеси в его хвостовой части (см. рис. 12.11, в). Проходческий комплекс состоит из щита (применяют щиты для проходки монолитной обделки диаметрами 2,1; 2,6; 3,6 и 4,1 м), металлической опалубки, механизма для перестановки опалубки, транспортного моста, передвижной платформы с транспортером, бетоноводом и пневмоподачиками. Бетон подают в заопалубное пространство через устройство в прессующем кольце по бетоноводу от пневмоподачиков. Вначале между стенками опалубки и щита происходит предварительное уплотнение бетона, а затем при передвижке щита с отсоединением бетоновода от прессующего кольца – окончательная перепрессовка бетонной смеси с передачей усилия на породу. Этот способ позволяет сразу же получить готовую обделку коллектора с гладкой водонепроницаемой поверхностью, не требующей отделки, в то время как для сборной обделки необходимо проведение дополнительных отделочных работ. Кроме того, этот способ обеспечивает надежное заполнение пространства между обделкой и породой, дает экономию арматурной стали и позволяет снизить затраты труда.

**Прокладка трубопроводов в тоннелях щитовой проходки.** Когда щитовую проходку используют для устройства переходов, в них прокладывают самотечные и напорные трубопроводы различных диаметров. Керамические и бетонные трубы укладывают в тоннеле на основание из тощего бетона, а оставшееся свободное пространство заполняют песком или тощим бетоном. Для подачи бетона используют бетононасосы, а при заполнении песком делают песочно-глиняную смесь и подают ее в тоннель растворомасосом. Чугунные и стальные трубопроводы в тоннеле укладывают методом наращивания. Трубы по тоннелю перемещают на специальных тележках.

## Глава 13. МОНТАЖ НАДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ПРОКЛАДКА ДЮКЕРОВ

### 13.1. Назначение и область применения надземных переходов трубопроводов и дюкеров

Надземные переходы трубопроводов устраивают при прокладке водопроводов через различные естественные или искусственные преграды, например, глубокие ущелья, реки, железные или автомобильные дороги, т.е. в тех случаях, когда применить подземную прокладку невозможно или нецелесообразно. По своей конструкции надземные переходы трубопроводов могут быть подвесные, висячие, а также выполнены по балочной, арочной, трапециoidalной и мостовой схемам. При устройстве таких переходов возникают проблемы обеспечения их повышенной прочности и устойчивости, например, от ветровых и снеговых нагрузок, наледи. Особое значение приобретают задачи защиты труб от коррозии, что требует применения для устройства таких переходов труб с повышенной толщиной стенки и покрытия их изоляцией усиленного и весьма усиленного типа. Кроме того, их необходимо защитить от электрокоррозии, особенно переходов труб над электрифицированными железными дорогами.

Дюкер – это участок напорного трубопровода, проложенный по склонам и дну глубокого оврага, балки или под руслом реки (канала), под дорогой, расположенной в выемке. Особую трудность при устройстве дюкеров представляет доставка и укладка труб на крутых склонах оврагов или балок, равно как и отрывка траншей в таких условиях. Но наиболее сложным и трудоемким является процесс прокладки дюкеров через водные преграды – реки, каналы. При этом требуется применять специальные способы работ при устройстве подводных траншей и прокладке труб, их защите от коррозии и принятии мер против всплытия.

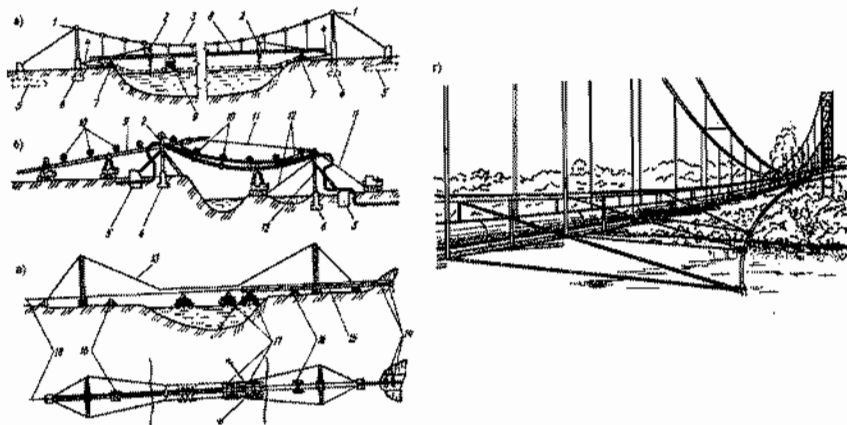
### 13.2. Особенности технологии устройства висячих, подвесных, балочных и арочных (самонесущих) переходов трубопроводов

Подвесные и висячие переходы стальных трубопроводов чаще всего устраивают в местах пересечения трассы трубопроводов глубокими ущельями или реками.

**Монтаж подвесных трубопроводов.** Вначале возводят береговые и русловые опоры (пилоны), а затем на верхних ригелях пилонов устанавливают двухстоечные стреловые краны нужной грузоподъемности, оснащают их специальными траверсами для подъема, наводки и укладки рабочих канатов в опорные гнезда-башмаки на пилонах.

Пролетные строения однопролетных переходов монтируют на берегу по оси перехода до подъема несущих канатов на пилоны (первый способ) или на весу с временных опор после подъема канатов на пилоны (второй способ). При первом способе размеченные несущие канаты раскладывают

по оси перехода, а концы их закрепляют в анкерных опорах. Далее к этим канатам прикрепляют распорки и узлы подвесок, после чего их поднимают на пилоны и закрепляют, подвески прикрепляют к седлам трубной плети. При втором способе монтажа (рис. 13.1, а), применяемом для устройства переходов длиной более 100 м, на пилонах поднимают только канаты, после закрепления которых монтируют подвески трубопровода (одновременно с двух сторон перехода), используя для этого телескопические вышки. Закрепив все подвески с необходимыми деталями, приступают к монтажу трубопровода.



**Рис. 13.1.** Монтаж подвесных и висячих трубопроводов: 1 - пилоны; 2 - полиспасты; 3 - рабочий канат с подвесками; 4 - отводные блоки; 5 - якорь; 6 - постоянные опоры; 7 - лебедка с полиспастами; 8 - подвесной трубопровод; 9 - временная опора; 10 - блоки (ролики) на подвесках через 12 ... 14 м; 11, 12 - тяговый и монтажные тросы; 13 - несущий трос; 14 - катки; 15 - протаскиваемая секция трубопровода; 16 - катковая опора; 17 - понтон с катковой опорой; 18 - трос к лебедке

Готовые блоки трубопровода из двух плетей (длиной до 40 м) скрепляют между собой жесткими связями и подают в зону монтажа на баржах и понтонах. Монтаж ведут одновременно с правого и левого берегов, равномерно и последовательно загружая несущие канаты. В проектное положение плети с барж поднимают системой полиспастов, прикрепленных к несущим канатам перехода, а береговые плети монтируют методом надвигки с помощью тех же полиспастов. После закрепления плетей трубопроводов в проектное положение и подвесках их центрируют и сваривают. Окончив монтаж, выверяют прогиб несущих канатов и положение пилонов, окончательно закрепляют все элементы перехода. В заключение трубопровод испытывают, окрашивают его и устраивают тепловую изоляцию (при необходимости). Аналогично монтируют подвесные трубопроводы через дороги, глубокие овраги и т.д. Многопролетные переходы монтируют описанным выше способом по пролетам.



**Монтаж всяких трубопроводов.** Монтаж труб на пилоны осуществляют методом подъема или надвжки. При обоих методах вначале устанавливают пилоны и массивные железобетонные якоря с прикрепленными к ним оттяжками. Затем монтируют стояки с компенсационными петлями трубопровода. Далее между пилонами на поплавах или временных опорах выкладывают плеть трубопровода. При монтаже трубопровода методом подъема плеть в проектное положение поднимают синхронно действующими на обоих пилонах полиспастами, после чего его соединяют с узлами подвесок и магистральным водоводом. При монтаже методом надвжки (рис. 13.1, б) между пилонами на блоках натягивают временный монтажный трос, а к трубопроводу, уложенному у одного из пилонов, крепят тяговый трос и через каждые 14 – 15 м на жестких стойках – ролики. Оба троса перебрасывают через блоки на вершинах пилонов и крепят к тягачу на противоположном берегу. Затем двумя или четырьмя кранами-трубоукладчиками подготовленную плеть трубопровода поднимают и подают так, чтобы она перемещалась к противоположному пилону, опираясь роликами на монтажный трос. Плеть придают проектный прогиб, прикрепляют ее к подвескам пилонов и сваривают в одну нить с участками трубопроводов по обе стороны перехода.

При монтаже вантовых переходов, доступных для плавучих средств, для монтажа трубопроводов устраивают площадки, расставляемые по створу перехода в пределах зеркала воды на минимально возможном расстоянии друг от друга (рис. 13.1, в). Несущие и ветровые каиаты протаскивают с помощью временного тягового каиата и лебедки в натянутом состоянии, чтобы они не соприкасались с водой, после чего их поднимают на пилоны. Монтаж, сварку и гидравлическое испытание подготовленной плети трубопровода выполняют на монтажной площадке, расположенной в створе перехода на берегу. Готовую плеть протаскивают с помощью лебедки или трактора и тягового каната. В зависимости от длины пролета и высоты берега плеть протаскивают по плавучим опорам или по опорным седлам пролетного строения. Вид смонтированного перехода трубопроводов показан на рис. 13.1, г.

**Монтаж балочных и арочных самонесущих трубопроводов.** Балочные переходы монтируют в два этапа: вначале устанавливают опоры, а затем надвжкой или подъемом монтируют трубопровод. Если пролет превышает 50 м, устанавливают промежуточные опоры (рис. 13.2, а). При методе надвжки плети трубопровода на катках лебедками (тяговой и тормозной) надвигают на опоры. При устройстве одиопролетных балочных переходов из одной секции или плети при доступном переходе для машин сборку, сварку и гидравлическое испытание плети ведут на дне препятствия. Если необходимо в таких условиях смонтировать многопролетный переход, то плети доставляют непосредственно к его опорам и затем кранами укладывают в проектное положение (рис. 13.2, а). При недоступности перехода для

машин плети доставляют к месту монтажа по воде и затем монтируют плавающими кранами. Простейшие однопролетные балочные переходы через водные препятствия монтируют способом протаскивания (рис. 13.2, б) с последующим подъемом и укладкой кранами на опоры (рис. 13.2, в).

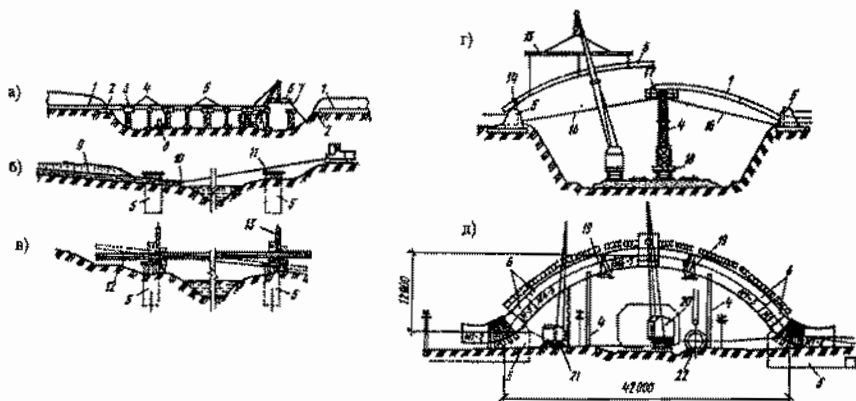


Рис. 13.2. Монтаж балочных и арочных самонесущих трубопроводов: 1 - уложенный трубопровод; 2 - якорь; 3 - монтажный стык; 4, 5 - опоры (временные и постоянные); 6 - монтажные элементы; 7 - оттяжки; 8 - электросварочный агрегат; 9 - протаскиваемая секция трубопровода; 10 - заглушка со скобой; 11 - трос к трактору или лебедке; 12 - укладываемая секция трубопровода; 13 - автокран или трубоукладчик; 14 - муфта с подпятником; 15 - траверса; 16 - растяжки; 17 - опора с домкратом; 18 - железнодорожная платформа с монтажной опорой; 19 - бандажи для замыкания арки; 20 - железнодорожный кран; 21 - гусеничный кран; 22 - площадка укрупнительной сборки секций; М1-2, М3-3, М4-5, М6-7 - монтажные элементы арочного перехода

Арочные переходы трубопроводов монтируют из укрупненных блоков – полуарок (рис. 13.2, г). Начинают монтаж с устройства береговых упоров с оставленными гнездами и забетонированными металлическими опорными рамами. Затем на специальных стендах готовят к подъему монтажные элементы (полуарки). При пересечении железнодорожных путей арочный переход монтируют железнодорожными кранами с использованием передвижной временной монтажной опоры (рис. 13.2, д).

### 13.3. Технология строительства дюкеров через «сухие» овраги (балки) и водные преграды

Прокладка трубопроводов дюкера по дну сухих оврагов и балок осложняется необходимостью производства работ в условиях крутых склонов. При этом в зависимости от их крутизны применяют различные методы монтажа труб, в том числе «сверху вниз», «снизу вверх» и комбинированным методом. Монтаж «снизу вверх» ведут с доставкой трубных секций на склон кранами-трубоукладчиками (рис. 13.3, а), тракторами или лебедками, установленными на вершине склона (рис. 13.3, б). При угле до  $20^{\circ}$  и хорошем состоянии грунта трубы или секции доставляют к месту монтажа трак-

торами и наращивают последовательно. Пристыковку производят с помощью одного или двух трубоукладчиков. При монтаже с помощью лебедки длина секций может быть значительной. Монтаж трубопровода дюкера методом «сверху вниз» можно вести на любых склонах, но более целесообразно при крутых (рис. 13.3, в). При этом сборку и сварку труб или их секций ведут без работающих на склонах машин и механизмов. Первую секцию опускают в траншею одним или двумя кранами-трубоукладчиками  $T_1$  и  $T_2$  и крепят ее тросами к трактору  $Tr_1$  внизу и  $Tr_2$  вверху. Трактор  $Tr_1$  протаскивает наращиваемый трубопровод вниз, а  $Tr_2$  удерживает его от самопроизвольного сползания при стыковке каждой последующей секции. После пристыковки вверху очередной секции трубопровода протаскивают вниз на длину этой секции (рис. 13.3, г). Во избежание повреждений изоляционного покрытия трубопровода поверх изоляции делают футеровку из деревянных реек. Дюкеры через малые овраги монтируют из одного или нескольких элементов, которые изолируют, футеруют, укладывают в проектное положение и затем соединяют с трубопроводом.

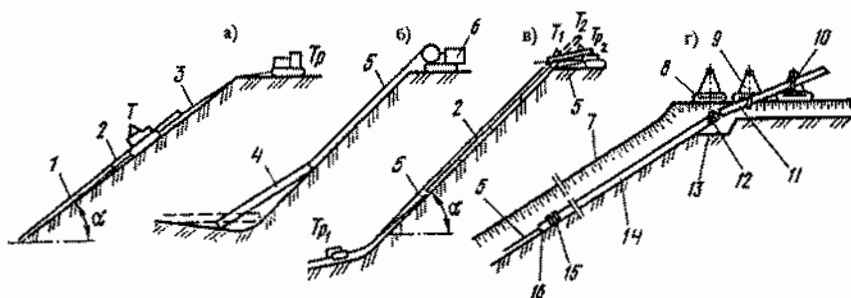


Рис. 13.3. Схемы укладки трубопроводов на склонах оврагов и балок при строительстве дюкеров: 1 - укладываемый трубопровод; 2 - стыкуемая секция труб; 3 - якорящий трос; 4 - доставляемая секция; 5 - тяговый трос; 6 - лебедка; 7 - траншея; 8, 9, 10, а также  $T_1$  и  $T_2$  - трубоукладчики; 11 - изолированная труба; 12 - зажимный захват; 13 - монтажная площадка; 14 - наращиваемая плеть трубопровода; 15 - санки; 16 - заглушка;  $Tr_1$ ,  $Tr_2$  - тракторы

Процесс прокладки дюкеров через водные преграды отличается повышенной сложностью и трудоемкостью работ, и поэтому к нему необходима тщательная подготовка. Для этого следует устроить и оборудовать береговую и плавучую монтажную площадку; спланировать участок строительства и устроить подъезды; установить стапелы; подготовить транспортные средства и такелаж (лебедки, полиспасты, якоря и др.); подготовить силовые и электроосветительные сети; доставить плавучие средства – баржи, понтоны, катера и др. Также закрепляют створ перехода (дюкера), проводят гидрологические и гидрогеологические измерения (замеряют уровень воды и скорости потока, проверяют состояние дна и соответствие его проектному профилю, наличие наносов и т.п.). Затем приступают к разработке берегов-вых и подводных траншей.

Дюкеры через мелкие реки и ручьи сооружают в основном в траншеях, прокладываемых в период мелководья. При этом могут быть использованы следующие способы работ: с временным перекрытием русла дамбой; с проходом экскаватора по дну водотока; с отводом водного потока на период прокладки дюкера в другое русло; работой экскаватора с берега. При устройстве дюкеров через большие и глубокие водные преграды работы значительно усложняются и в зависимости от характера и величины преграды, времени прокладки дюкера (летом или зимой) применяют различные методы работ и механизмы.

Технологический процесс прокладки подводных трубопроводов дюкеров включает следующие операции: завоз труб, материалов и оборудования; рытье подводных траншей; сварку труб в секции затем в плети с проверкой качества стыков; гидравлическое испытание плети; устройство антикоррозионной изоляции и футеровки; балластировку трубопровода (к моменту окончания подводных земляных работ плеть трубопровода дюкера должна быть полностью готова к укладке; к этому сроку должны быть готовы также все спусковые устройства и монтажные механизмы); укладку трубопровода на дно и засыпку траншей. При сооружении подводных трубопроводов их монтаж, сварку стыков, изоляцию и испытание выполняют чаще всего на береговой площадке.

Для монтажа и сварки труб применяют центраторы, машины для резки фасок, стеид для сварки труб, самоходные сварочные установки, стационарные электросварочные агрегаты или полевые аэросварочные установки. Для очистки и изоляции трубопроводов применяют очистные и изоляционные машины, а для гидравлического их испытания – напорные и опрессовочные агрегаты. Применяют также специальные машины и приспособления для заглубления трубопровода в придоинный грунт, спуска его на воду, укладки на дно подводной траншеи. Для укладки подводных трубопроводов применяют универсальные плавучие краны грузоподъемностью 10 – 60 т, а также сухопутные краны, устанавливаемые на баржах.

Выполнив необходимые подготовительные работы, приступают к земляным работам, причем вначале на берегах – к разработке подходов и траншей к водному препятствию, а на одном из берегов – к планировке площадки для сварочных и изоляционных работ. Затем переходят к работам по устройству подводных траншей, которые являются наиболее сложными, трудоемкими, дорогостоящими и продолжительными в общем комплексе работ по строительству дюкеров.

#### 13.4. Способы разработки подводных траншей

Размеры подводных и береговых траншей зависят от диаметра, числа и глубины заложения прокладываемых трубопроводов, а также крутизны ее откосов. Глубину заложения верхней образующей подводных трубопрово-

дов до дна водоема можно принимать равной 0,5 м для несудоходных и 1 м для судоходных рек. Поскольку при разработке подводных траншей их часто заносит доинными наносами, их устраивают глубиной на 0,1 – 0,4 м больше проектной (с багермейстерским запасом).

Ширину подводной траншеи и береговых участков траншеи понизу определяют по формуле

$$B_{\text{тр}} = Dn + a(n-1) + 2b ,$$

где  $D$  – наружный диаметр изолированного, футерованного и балластированного трубопроводов, м;  $n$  – число их, укладываемых в одну траншею;  $a$  – расстояние между трубами в свету;  $b$  – то же между трубами и подошвой откоса.

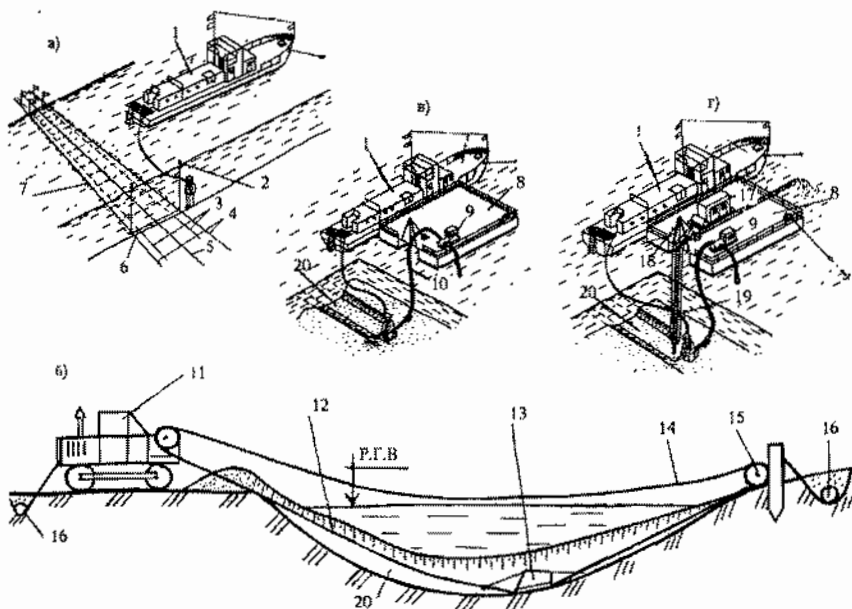
Крутизна откосов подводных траншей и их береговых участков определяется углом естественного откоса разрабатываемого грунта и их глубиной.

Береговые траншеи разрабатывают с берега экскаваторами, оборудованными обратной лопатой или драглайном. Непосредственно перед началом разработки подводных траншей выполняют следующие подготовительные операции. С помощью эхолота измеряют глубины и по ним составляют фактический профиль дна, который сравнивают с проектным. Если расхождения существенны, то об этом ставят в известность проектную организацию для внесения в проект соответствующих изменений. В створе перехода на ширине 10 м выполняют водолазные работы (рис. 13.4, а) для выявления затонувших предметов, которые могут помешать работе земснаряда или протаскиванию трубопровода.

Подводные траншеи разрабатывают канатно-скреперными установками, гидромониторами, грунтососами, экскаваторами и земснарядами. Канатно-скреперными установками (рис. 13.4, б), состоящими из скреперного ковша, головной и хвостовой опор с блоками, комплекта канатов и скреперной лебедки, разрабатывают траншеи длиной до 150 м практически во всех грунтах, включая разрыхленную скальную породу. Ширина траншеи при этом колеблется от 1 до 1,75 м. Для перемещения скреперного ковша в подводной траншее используют лебедки. В последние годы созданы канатно-скреперные установки одно- и двухстороннего действия (оба хода – рабочие), а также саморазгружающиеся скреперные ковши с открывающимся днищем, что ускоряет их опорожнение от грунта. Толщина срезаемого слоя до 20 см. При разработке траншеи подводными гидромониторами (рис. 13.4, в) отпадает необходимость подъема и транспортирования грунта. Этим способом устраивают подводные траншеи шириной по дну до 5 м и глубиной до 1 м. Подводные траншеи разрабатывают также с одновременным рыхлением грунта струей гидромонитора (рис. 13.4, г).

Экскаватором, установленным на барже или понтоне, разрабатывают подводные траншеи при глубине водотока не более 2 – 3 м и ширине до 200 м. При глубине водоемов до 1 – 1,5 м и ширине до 100 м подводные

траншеи разрабатывают экскаваторами со специальных земляных дамб, отсыпаемых от обоих берегов. По середине водотока оставляют разрыв для пропуска воды. Траншеи в этих местах разрабатывают с помощью канатно-скреперной установки или земснарядов.



**Рис. 13.4.** Способы устройства подводной траншеи для прокладки дюкера: а - проведение водолазных работ в створе дюкера; б - канатно-скреперная установка; в - разработка подводной траншеи гидромонитором; г - то же, с предварительным рыхлением грунта; 1 - водолазный бот; 2 - буйки; 3, 4 - границы и полоса обслеживания дна; 5 - ось полосы; 6 - ходовой трос; 7 - направляющие тросы; 8 - плавучая площадка; 9 - гидромониторная установка; 10 - напорный шланг; 11 - скреперная лебедка на тракторе; 12 - рабочий трос; 13 - скреперный ковши; 14 - холостой трос; 15 - хвостовая опора; 16 - якорь; 17 - компрессор; 18 - кран-укосина; 19 - грунто-сос; 20 - подводная траншея

Земснаряды подводные траншеи разрабатывают при глубине водоемов более 2 м и ширине более 200 м. В настоящее время для разработки траншей используют земснаряды, способные вести работы на глубине до 40 м при их производительности 200 – 2000 м<sup>3</sup>/ч.

Подводные траншеи могут разрабатываться одним или двумя земснарядами. Если одним, то траншею разрабатывают от одного берега к другому, обеспечивая беспрепятственный проход судов. При использовании двух земснарядов их устанавливают в русле рек так, чтобы между ними был проход для судов (минимум 80 м), и разрабатывают подводные траншеи, двигаясь к берегам. Затем одним из них разрабатывают оставшийся участок траншеи.

**Разработка подводных траншей в скальных грунтах** часто ведется с помощью взрывов накладными или шпуровыми зарядами, причем работы выполняются в два этапа: дробление скалы и уборка скального грунта. Но взрывы под водой приводят к гибели рыбы, поэтому в последнее время разработку скальных грунтов чаще выполняют с помощью специальных скалодробильных снарядов, представляющих собой судно с колодезем (шахтой), в котором в направляющей обойме размещается долото массой до 20 т, с помощью которого дробят скалу.

### **13.5. Подготовка и прокладка стальных дюкеров через водные преграды**

Перед прокладкой подводного трубопровода его сваривают. При этом сборку и сварку труб производят либо непосредственно на берегу (на стапеле), либо на плаву, причем трубопровод сваривают либо полностью, либо путем его наращивания при прокладке.

После сварки трубопровода дюкера его проверяют на прочность и герметичность гидравлическим испытанием. В целом же дюкеры испытывают трижды: предварительно на стапеле после сварки, в подводной траншее до ее засыпки и окончательно после засыпки подводной траншеи. Для увеличения срока службы подводных трубопроводов их защищают, грунтуют и покрывают весьма усиленной трехслойной битумной изоляцией.

Для предохранения изоляции от повреждений трубопровод перед его укладкой в подводную траншею облицовывают и футеруют деревянными рейками. Футеровку устраивают как сплошную, так и с прозорами. Сплошную делают, когда трубопровод протаскивают по дну траншеи, а с прозорами – если трубопровод опускают при помощи плавучих кранов.

Процесс футерования трубопровода включает следующие операции: раскладку реек вдоль трубопровода; подготовку реечного ковра; обертывания ковром трубы; предварительное, а затем окончательное закрепление футеровки проволокой-катанкой.

При прокладке подводных трубопроводов, обладающих в период эксплуатации положительной плавучестью, их балластируют или утяжеляют чугунными и железобетонными грузами.

При подготовке подводного трубопровода к укладке устраивают специальные спусковые дорожки, которые бывают грунтовые, рельсовые, водные и роликовые или рольганговые. Грунтовые дорожки должны иметь уклон в сторону водоема или быть горизонтальными, ибо даже незначительный обратный уклон создает большое дополнительное усилие при протаскивании трубопровода. При песчаных грунтах протаскивать легче по сухому основанию, а при глинистых – по увлажненному.

Рельсовую узкоколейную дорожку устраивают при укладке подготовленного футерованного трубопровода на вагонетки. При спуске по ней трубопровода важной операцией является своевременный вывод из-под него вагонеток. Для этого в конце рельсовой дорожки устраивают приямок, в который сваливаются вагонетки. Их оттуда поднимают автокраном. Водную спусковую дорожку делают в виде траншеи, заполненной водой. Роликовые или рольганговые дорожки состоят из ряда опор с роликами, расстояние между которыми принимают в зависимости от диаметра и массы трубопровода.

Операция по укладке трубопровода под водой является довольно сложной и трудоемкой. Поэтому к ее проведению готовятся тщательным образом. Существует много способов и схем укладки трубопроводов в подводную траншею, однако наиболее часто применяют следующие: протаскивание по дну, погружение с поверхности воды (или со льда) трубопровода полой длины и погружение с поверхности воды с последовательным наращиванием секций трубопровода.

**Протаскивание трубопроводов по дну** (рис. 13.5, а) применяют при прокладке трубопроводов больших диаметров. Укладку выполняют в такой последовательности: монтаж трубопровода с нанесением изоляции, устройством футеровки, оснащением его балластными грузами и понтонами; устройство спусковой дорожки; укладка трубопровода на нее; устройство береговых опор и установка системы блоков для протаскивания трубопровода; прокладка по дну траншеи тягового троса; протаскивание трубопровода с помощью лебедки или трактора. Спусковую дорожку (рис. 13.5, г) устраивают в виде рельсовой узкоколейки шириной 750 мм с уклоном в сторону реки. Трубопровод по рельсовому пути спускают на тележках (рис. 13.5, д). Спусковые дорожки в виде канала или траншеи, заполняемых водой, применяют при пологом рельефе берега. Трубопровод с заглушками на концах скатывают в воду и транспортируют на плаву к месту укладки (рис. 13.5, е).

Основной тяговый трос прокладывают с плавучих средств по створу трубопровода и крепят его к передней заглушке плети. Свободный конец его крепят к барабану тяговой лебедки, расположенной на противоположном берегу. Для протаскивания трубопровода в качестве тяговых средств используют также мощные тракторы, краны-трубоукладчики, бульдозеры, артиллерийские тягачи и др.

Для подбора типа и мощности тяговых средств определяют необходимое тяговое усилие  $P$ , которое при протаскивании трубопровода (дюкера) по дну с троганием с места определяется по формуле

$$P = kMf ,$$

где  $k$  – коэффициент трогания с места, равный 1,5 – 2;  $M$  – масса трубопровода (дюкера), т;  $f$  – коэффициент трения скольжения.



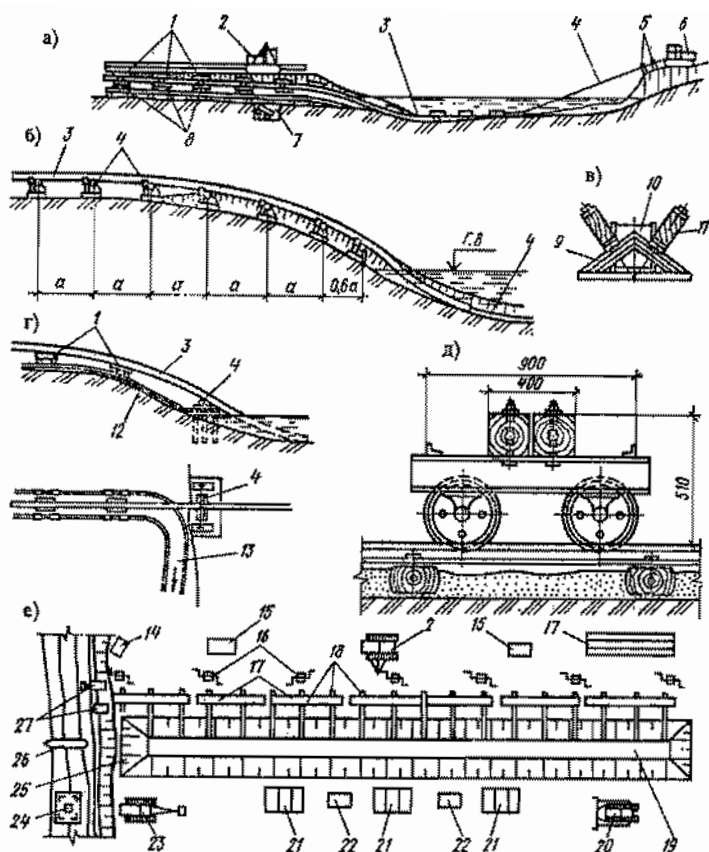


Рис. 13.5. Схема протаскивания трубопровода дюкера по дну и детали устройства спусковых дорожек: а - схема протаскивания трубопровода; б - роликовая дорожка для спуска трубопровода; в - роликовая опора; г - рельсовая дорожка; д - тележка; е - организация спусковой дорожки в виде канала с водой; 1 - поплавки; 2 - трубоукладчик; 3 - трубопровод; 4 - канат; 5 - стационарные роликовые опоры; 6 - трактор (тягач); 7 - прямом; 8 - узкоколейные тележки; 9 - основание; 10, 11 - опорный и направляющий ролики; 12 - рельсовый путь; 13 - отводной путь; 14 - якорь; 15 - сварочные посты; 16 - лебедка; 17 - трубы; 18 - ступени (через 5 м); 19 - сплавной канал; 20 - бульдозер; 21 - утяжеляющие грузы; 22 - плавучие опоры (понтон); 23 - экскаватор; 24 - водолазная станция; 25 - перемычка; 26 - катер; 27 - насосный агрегат

В процессе протаскивания трубопровода возможны вынужденные остановки, и тогда тяговое усилие рассчитывают с учетом повторного трогания:

$$P = kMf + pF,$$

где  $p$  - сила удельного присоса трубопровода к грунту, т/м<sup>2</sup>;  $F$  - площадь опирания трубопровода на грунт, м<sup>2</sup>.

Приближенное тяговое усилие на крюке трактора (тягача)

$$P_{\text{тр}} = M_{\text{сц}} f_1,$$

где  $M_{\text{сц}}$  – сцепная масса трактора (тягача), для гусеничных машин принимается  $M_{\text{сц}} = 0,9$  их массы, а для тягачей и колесных тракторов  $M_{\text{сц}} = 0,75 - 0,65$ ;  $f_1$  – коэффициент сцепления колес или гусениц с поверхностью покровом.

Для снижения величины тягового усилия применяют систему полиспастов. Если условия рельефа берега препятствуют прямолинейному движению тягачей, то на берегу по оси трубопровода устраивают неподвижную опору с системой блоков, позволяющую изменить направление их движения. К хвостовому концу трубопровода крепят трос от тормозной лебедки, чтобы он произвольно не перемещался по инерции при остановках работ.

**Укладку трубопроводов способом свободного погружения** производят в такой последовательности: спуск трубопровода на воду; буксировка к месту укладки; установка в створе перехода; опускание его на дно траншеи. Трубопровод, покрытый изоляцией и с приваренными по концам заглушками, спускают с берега или со стапельных площадок на воду. Далее плети трубопровода буксируют методом сплава с помощью катеров. После установки и закрепления трубопровода точно в створе перехода в него закачивают воду и погружают на дно траншеи. При прокладывании этим способом трубопроводов большой протяженности их монтируют из отдельных плетей, которые на плаву соединяют в одну нитку, используя плавучую монтажную камеру и порталые плавучие опоры.

**Укладка трубопроводов с плавучих опор** используется при значительной протяженности подводных трубопроводов, укладываемых на большой глубине, когда способы протаскивания и свободного погружения не применимы. При этом в качестве плавучих опор используют плавучие краны, баржи, понтоны, оборудованные якорными лебедками и лебедками для опускания трубопровода на дно водосма. Укладку осуществляют следующим образом. Смонтированный трубопровод после изоляции его и установки заглушек перемещают с берегового стапеля и устанавливают на плаву параллельно берегу выше створа дюкера. Затем к трубопроводу подводят плавучие опоры, рассредоточивая их на расчетных расстояниях друг от друга, и крепят трубопровод с помощью стропов-полотенец и канатов к подъемным устройствам этих плавучих опор. К трубопроводу подводят также и крепят плавучие площадки, служащие для удержания трубопровода в створе. После этого трубопровод с плавучими площадками и опорами с помощью буксирных катеров на плаву заводят в створ дюкера, забрасывая при этом якоря, используемые для удержания его в створе. В процессе укладки трубопровод заполняют водой и удерживают на подъемных устройствах плавучих опор, а затем равномерно опускают (стравливают) канаты опор, обеспечивая постепенное погружение трубопровода на дно траншеи. Трубо-

провод обычно начинают укладывать с опор, расположенных на участках с наибольшей глубиной. По мере опускания трубопровода на этих участках включаются в работу соседние опоры с таким расчетом, чтобы радиус кривой его изгиба не превышал допустимого.

**Укладку способом последовательного наращивания** применяют при прокладке подводных трубопроводов через широкие водные преграды. Наращивание плети производят двумя способами: в надводном положении и подводном. В первом случае плети наращивают на понтонах или специально оборудованных судах, служащих монтажной площадкой. На них собирают и сваривают плети из заранее заготовленных, заизолированных и забалластированных на берегу трубных секций. Для уменьшения возникающих в трубопроводе напряжений их укладывают с помощью плавучих и роликовых опор или отстропливаемых и перемещающихся вместе с баржей понтонов. В подводном положении наращивание осуществляют путем соединения секций, уложенных на дно, водолазами, чаще всего на фляйцах. Для предупреждения всплытия дюкеров их пригружают грузами, чаще всего железобетонными в виде полумуфт или седлообразных грузов.

**Укладку подводного трубопровода со льда** осуществляют различными способами. Зимой со льда трубопроводы укладывают с помощью опор и свободным погружением. Для прокладки трубопроводов по створу дюкера во льду дисковыми пилами прорезают сквозную прорубь (майну). Подготовленный трубопровод укладывают над майной на подкладки (лежни), проложенные поперек проруби. Затем устанавливают опоры (козлы) с таями, с помощью которых его опускают на дно. При способе свободного погружения трубопровода с заполнением водой его опускают без применения опор и талей. Преимуществом прокладки дюкеров со льда является удобство работ, так как не требуются плавучие средства, что в целом удешевляет и ускоряет работы.

**Гидравлическое испытание и засыпка подводных трубопроводов.** Дюкеры испытывают в два этапа – сначала предварительное испытание, а затем окончательное. Отличием здесь является только то, что предварительному испытанию дюкеры подвергаются дважды: на стапеле после сварки труб дюкера и на дне траншеи после проверки положения трубопровода в траншее, но до его засыпки. Окончательное испытание дюкера осуществляют после проверки правильности его укладки и засыпки уложенного трубопровода. Засыпку трубопровода в подводной траншее производят намывом грунта гидромониторами или с использованием грунта, привозимого на баржах (с участием водолазов).

## Глава 14. ИСПЫТАНИЕ И ПРИЕМКА НАПОРНЫХ И САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

### 14.1. Виды и порядок испытаний

После окончания монтажа и заделки стыков напорные и безнапорные трубопроводы подвергают испытанию в целях выявления и устранения дефектов и определения надежности построенных водоводов. К началу испытанных трубопроводов необходимо подготовить и в первую очередь очистить их внутреннюю полость.

Напорные трубопроводы испытывают на прочность и плотность (водонепроницаемость) гидравлическим и пневматическим способом. Выбор способа зависит от конкретных условий проведения испытаний – климатических условий, наличия воды для испытаний и возможностей ее сброса. В водопроводном строительстве чаще применяют гидравлический способ испытания трубопроводов (рис. 14.1, а).

Напорные трубопроводы, проложенные в траншеях или непроходных тоннелях и каналах, испытывают дважды. Вначале производят предварительное испытание (на прочность) – до засыпки траншеи и установки арматуры, а затем окончательное (приемочное) испытание (на плотность) – после засыпки траншеи и завершения всех работ на испытываемом участке. Предварительное испытание трубопроводов выполняют строительно-монтажные организации, а окончательное – они же, но с участием представителей заказчика и эксплуатирующей организации.

### 14.2. Гидравлическое испытание напорных трубопроводов

Гидравлическое испытание является наиболее экономичным и простым; оно применимо для любых трубопроводов. Однако недостатком является необходимость вытеснения воды и опасность ее замерзания зимой. Для испытания применяют насосы или наполнительные агрегаты, производящие закачку воды, и гидравлические прессы или опрессовочные агрегаты, обеспечивающие подъем внутреннего давления. При небольших объемах испытаний применяют компактные перевозные установки и гидравлические прессы (рис. 14.1, б).

Предварительное гидравлическое испытание напорных трубопроводов на прочность, а также окончательное на герметичность производят внутренним испытательным давлением, принимаемым по проекту или СНиПу. По достижении испытательного давления опрессовочные агрегаты останавливают и трубопровод выдерживают на прочность, причем металлические, асбестоцементные и железобетонные трубопроводы должны выдерживаться под испытательным давлением не менее 10 мин, а пластмассовые (полиэтиленовые) – не менее 30 мин. Трубопровод считают выдержавшим предварительное испытание, если в нем под испытательным давлением не произошло разрыва труб и фасонных частей и нарушения заделки стыков, а под рабочим – не обнаружено утечек воды.

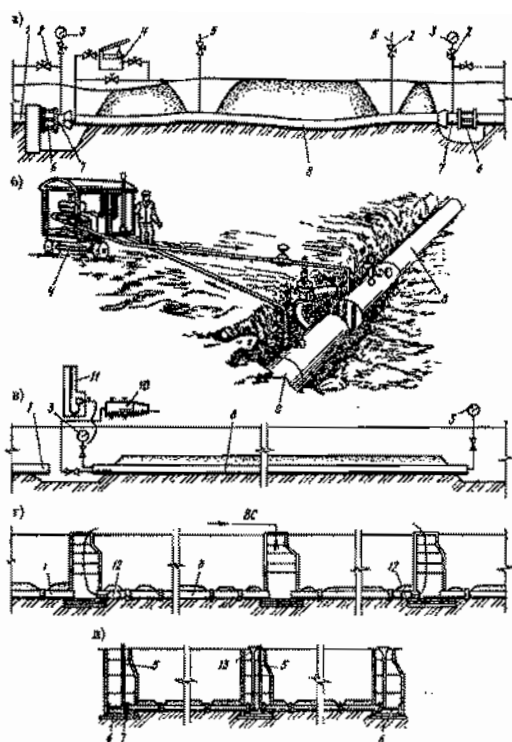


Рис. 14.1. Схема испытания трубопроводов: 1 - уложенный трубопровод; 2 - вентили (затяжки); 3 - манометры; 4 - гидравлические прессы; 5 - трубки для выпуска воздуха; 6 - временные упоры; 7 - заглушки; 8 - испытываемый трубопровод; 9 - испытанный участок; 10 - компрессоры; 11 - ртутный манометр; 12 - заглушки (резиновые баллоны); 13 - стойки для заливки водой

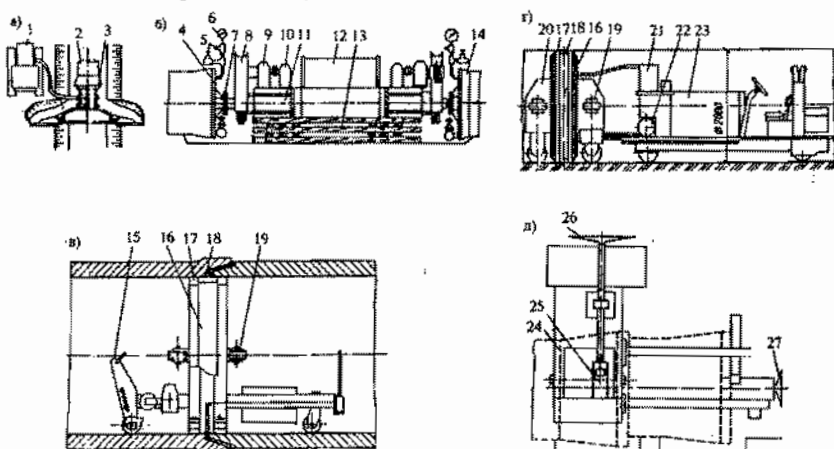
Окончательное гидравлическое испытание трубопроводов начинают, если с момента засыпки их грунтом и заполнения водой прошло для труб металлических, асбестоцементных и полиэтиленовых не менее 24 ч, а для железобетонных – не менее 72 ч. По истечении этого времени давление в трубопроводе поднимают до испытательного и поддерживают его в течение всего периода испытания. При этом утечки воды (в л/мин) на 1 км трубопровода не должны превышать величин, указанных в СНиПе. Участок трубопровода признается выдержавшим окончательное испытание, если не обнаружено нарушений целостности трубопровода и фактические утечки воды не превышают допустимые.

При испытании железобетонных трубопроводов больших диаметров наибольшую сложность представляет устройство торцовых заглушек и упоров, воспринимающих значительные усилия. Так, при испытании трубопровода диаметром 1000 мм нагрузка на торцевую заглушку при испытательном давлении 1,5 МПа превышает 1200 кН, а при диаметре 2000 мм – 6000 кН. Совершенствование технологии испытаний таких трубопроводов является актуальной задачей, решение которой возможно двумя путями:

1) разработка и создание новых видов оборудования (упоров, заглушек, силовых звеньев и т.п.), которое отличалось бы универсальностью, простотой монтажа, удобством в эксплуатации, транспортабельностью и т.д.;

2) создание оборудования, предопределяющего новые методы проведения испытаний, например, создание внутритрубного оборудования для испытания стыковых соединений совместно с испытанием на трассе привезенной трубы в конечном итоге позволило бы отказаться от дорогостоящих и трудоемких испытаний трубопроводов участками.

Ряд конструкций упоров разработан в специализированных организациях. Устройство УИТ (рис. 14.2, а) состоит из опорных боковых звеньев, центрального звена с гидроцилиндрами и сменных заглушек, соединяемых с гидроцилиндром. Источником питания может служить гидравлическая система любого трактора, развивающего давление 10 МПа. Сам упор выполнен в виде трехзвенной фермы, боковые звенья которой заканчиваются опорными поверхностями площадью 7 м<sup>2</sup>, а в центральное звено вмонтирована выдвигная рама с заглушкой.



**Рис. 14.2.** Устройства и установки для гидравлического испытания железобетонных трубопроводов больших диаметров: а - инвентарное устройство (УИТ); б - инвентарный упор с электромеханическим приводом заглушки; в, г - устройство и установка для испытаний стыков конструкций Оргэнергостроя; д - приспособление для фиксации труб; 1 - трактор с гидронасосом; 2 - испытываемый трубопровод; 3 - силовые гидроцилиндры; 4 - раструбная заглушка; 5 - вентили; 6 - манометр; 7 - винт; 8 - цепная передача; 9 - редуктор; 10 - электропривод; 11 - рама распределительная; 12 - рама упорная; 13 - шпальная клеть; 14 - втулочная заглушка; 15 - ручная тележка; 16 - обод; 17 - распорный шланг; 18 - испытательная камера; 19 - следующее колесо; 20 - корпус; 21 - емкость для воды; 22 - насос; 23 - самоходная тележка; 24 - портал; 25 - захват; 26 - штурвал; 27 - упор

Перед сборкой устройства в раструб конечной трубы устанавливают заглушку с резиновым уплотнительным кольцом. Собранный прибор опускают краном на подготовленное место и центрируют относительно трубопровода. Штоки цилиндров соединяют с пружинами заглушки, а рукава гидросистемы - с гидросистемой трактора.

Силовые звенья и площадь упорных плит, взаимодействующие с грунтом, выбирают в зависимости от рабочего диаметра заглушки, установленной в торце испытываемого трубопровода, величины испытательного давления в трубопроводе, допускаемой прочности грунта и максимальной величины деформации грунта.

Очень важно при гидравлических испытаниях трубопровода обеспечивать непрерывное поджатие заглушки, находящейся под испытательным давлением (воды, воздуха). При этом расстояние между торцом трубы и заглушкой должно оставаться постоянным и регулироваться давлением в гидроцилиндрах силовых звеньев. Но при испытании трубопровода неизбежны деформации грунта под плитами упора, поэтому с целью удержания торцевой заглушки в исходном положении необходимо постоянно наблюдать за изменением зазора между торцом трубопровода и прилегающим диском заглушки. При увеличении зазора более 3 см надо с помощью силовых элементов упора уменьшить его. При чрезмерном выходе заглушки из трубопровода и невозможности ее возврата в исходное положение необходимо сбросить испытательное давление и прекратить испытание до устранения неисправности.

Для постоянного удержания торцевой заглушки в исходном положении независимо от деформации грунта под плитами упора в пределах рабочего хода силового звена разработана *инвентарный упор с электрическим приводом заглушки* (рис. 14.2, б). В отличие от других конструкций указанная заглушка в таком инвентарном упоре оснащена датчиками, включающими и отключающими электродвигатель, обеспечивающий подачу винта упора.

Для испытания стыков в процессе монтажа труб созданы также два экспериментальных образца оборудования с рабочим органом, в основу конструкции которого заложены принцип образования камеры по внутреннему периметру стыка и последующего создания испытательного давления.

*Устройство для испытания стыков конструкции Ленинградского филиала института Оргэнергострой* состоит из жесткой рамы, которая может перемещаться на колесах по внутренней поверхности труб (рис. 14.2, в). На раме смонтирован неразъемный сердечник, к торцам которого примыкают 12 подвижных сегментов, располагаемых равномерно по окружности. Сегменты перемещаются в радиальном направлении. Для их привода служит напорный рукав, располагаемый в виде кольца под сегментами. От ручного насоса в этот рукав нагнетается вода. По мере его наполнения и создания в нем давления сегменты прижимаются к внутренней поверхности ис-

пытуемых труб. На верхние поверхности сегментов надеты два резиновых кольца диаметром 50 мм, на наружные поверхности сегментов сердечника – резиновая рубашка.

При испытании приспособление устанавливают в пределах стыка, сегменты прижимаются через резиновые кольца к внутренней поверхности трубы и в этом положении жестко фиксируются специальным устройством. В полость, образованную резиновыми кольцами и камерой, нагнетают воду под испытательным давлением. По величине утечки воды из стыкового соединения судят о его герметичности, качестве монтажа трубопровода. Давление в испытательной камере поднимается до 1,3 МПа, а в распорных шлангах не должно превышать 1,5 МПа. Насосная станция работает от электросети.

В образованной камере на торцы смежных труб действуют противоположно направленные силы, пропорциональные площадям торцов и удельному испытательному давлению, величина которых для труб, например, диаметром 2000 мм достигает 1200 кН (120 т). Поэтому для проведения испытания стыков необходима предварительная фиксация смежных труб в смонтированном положении, т.е. нужно дополнительное устройство или приспособление. На рис. 14.2, г показана самоходная установка для испытания стыковых соединений, которая оснащена приспособлением для фиксации труб (рис. 14.2, д), стыковое соединение которых испытывается.

Приспособление для фиксации труб выполнено в виде цельной металлоконструкции, имеющей с одной стороны портал с механическими захватами, приводимыми в действие с помощью штурвалов, с другой – механические домкраты. Приспособление опускают краном таким образом, что портал надевается на раструб одной трубы, а домкраты находятся снаружи раструба следующей трубы. С помощью штурвалов приводят в действие захваты, и труба зажимается. Вращением штурвала выбирают зазор между домкратами и раструбом следующей трубы, трубы фиксируются. Размеры приспособления – 8130x5600x4300 мм, масса 11,3 т.

Самоходная тележка установки для испытания стыковых соединений представляет собой раму с опорами на три колеса, два из которых приводные, а одно управляемое. Расположение колес рассчитано на передвижение внутри трубы диаметром 2000 мм. На тележке смонтированы: насосный агрегат для прижатия уплотнительных поясов манжеты рабочего органа к внутренним поверхностям железобетонных труб, образующих испытательную камеру; насосный агрегат для заполнения испытательной камеры водой и откачивания ее из камеры; насосный агрегат для создания испытательного давления в камере; источник питания (аккумуляторная батарея); рулевое и тормозное устройство; электрическое оборудование и аппаратура; емкость для воды и масла; гидрооборудование.

Рабочий орган состоит из корпуса на опорных и поддерживающих колесах, 24 прижимных сегментов, каждый из которых шарнирно связан со



штоком соответствующего гидроцилиндра и кольцевого резинового уплотнителя. Рабочий орган соединен с помощью напорных рукавов с насосными агрегатами и тягой с тележкой. Испытание стыковых соединений проводят в едином технологическом процессе монтажа трубопровода. Установка для испытания стыков своим ходом подезжает таким образом, чтобы испытываемый стык находился в створе рабочего органа. Стык снаружи трубопровода фиксируют специальным приспособлением. Включают насосный агрегат для прижатия поясов уплотнения, образующих вместе со стенками труб испытательную камеру. Прижатие поясов производят через уплотнительные сегменты гидроцилиндрами. Давление в гидросистеме прижатия уплотнительных поясов поддерживается гидроаккумулятором.

После заполнения камеры водой в ней создают необходимое испытательное давление. Для этого включают поршневой насосный агрегат и доводят давление в испытательной камере до 1,3 МПа. По истечении времени выдержки испытательного давления плавно открывают вентиль выпуска воздуха, через который в приемную воронку крышки водяного бака вытекает избыточное количество воды, находящееся в гидросистеме и испытательной камере, затем включается насос откачки воды. Включают насосный агрегат прижатия поясов уплотнения на отвод прижимных сегментов, в результате чего пояса и уплотнительная рубашка занимают транспортное положение – образуется зазор между поверхностью трубы и поясами. Испытав стык, установку передвигают к следующему стыковому соединению. Соответственно разжимают и снимают приспособление для фиксации труб и переносят краном.

Дюкеры испытывают так же, как и напорные трубопроводы, т.е. в два этапа – сначала предварительное испытание, а затем окончательное. Отличием здесь является, как отмечалось, только то, что предварительному испытанию дюкеры подвергают дважды: на стапеле после сварки труб дюкера и на дне траншеи после проверки положения трубопровода в траншее, но до его засыпки. Окончательное испытание дюкеров производят после проверки правильности их укладки и засыпки уложенного трубопровода. Засыпку уложенного на дно подводной траншеи трубопровода производят намывом грунта гидромониторами или с использованием грунта, привозимого на баржах. Эти работы выполняют с участием водолазов.

#### **14.3. Пневматическое испытание напорных трубопроводов**

**Пневматические испытания** допускаются для напорных стальных и полиэтиленовых трубопроводов, предназначенных для эксплуатации под внутренним рабочим давлением не более 1,6 МПа, чугунных, железобетонных и асбестоцементных – до 0,5 МПа.

Компрессор и контрольно-измерительные приборы при этом присоединяют к испытываемому участку трубопровода (см. рис. 14.1, в). Трубопроводы считают выдержавшими предварительное испытание, если не об-

наружено дефектов в стыках и сварных швах, нарушения целостности трубопроводов, а также сдвига или деформации упоров. Окончательное пневматическое испытание их производят после засыпки траншей, причем стальные трубопроводы с рабочим давлением до 0,5 МПа испытывают давлением 0,6 МПа, а с рабочим давлением свыше 0,5 МПа – давлением равным 1,15 рабочего. При невозможности создать в трубопроводе требуемое давление воздуха окончательное испытание его производят гидравлическим способом. Чугунные, железобетонные и асбестоцементные трубопроводы с рабочим давлением до 0,5 МПа испытывают давлением 0,6 МПа, такие же трубопроводы с рабочим давлением более 0,5 МПа, согласно СНиПу, допускается подвергать только предварительному пневматическому испытанию, а окончательное испытание их производят гидравлическим способом. Считается выдержавшим окончательное пневматическое испытание трубопровод, если не разрушена его целостность, а падение давления в течение отведенного времени не превышает допустимой величины.

#### **14.4. Приемка, промывка и хлорирование трубопроводов**

Приемку построенных трубопроводов осуществляют рабочие и государственные комиссии в соответствии с требованиями СНиПа по приемке в эксплуатацию законченного строительством предприятий, зданий и сооружений. Трубопроводы диаметром более 300 мм помимо испытаний на прочность и плотность, как правило, подвергают дополнительным испытаниям для определения их фактической пропускной способности.

Перед приемкой построенного трубопровода в эксплуатацию его предварительно промывают, а затем дезинфицируют хлорной водой при концентрации активного хлора 20 – 40 мг/л и суточном контакте. В заключение трубопровод окончательно промывают до получения двух удовлетворительных бактериологических и физико-химических анализов воды. Акт о санитарной обработке трубопровода предъявляют приемочной комиссии, и он является документом, разрешающим присоединение (врезку) трубопровода к действующей сети.

#### **14.5. Испытание и приемка безнапорных (самотечных) трубопроводов**

Безнапорные самотечные трубопроводы (канализационные, ливневые) испытывают только на плотность (герметичность), причем дважды: до засыпки (предварительное) и после засыпки (окончательное испытание). Испытывают их заполнением водой по участкам между смежными колодцами, причем заполняют с верхнего колодца, а если колодец не испытывается, то через стояк, герметично соединенный с трубопроводом в верхнем колодце. Заполненный участок трубопровода выдерживают в течение суток. Выявленные дефекты устраняют, после чего трубопровод заполняют водой до первоначального уровня и начинают испытание, т.е. замер утечки воды.

Гидростатическое давление в трубопроводе при испытании на утечку создают заполнением водой верхнего колодца (см. рис. 14.1, г) или установленного в нем стояка (см. рис. 14.1, д), а величину этого давления в верхней точке трубопровода определяют по величине превышения уровня воды в колодце или стояке над шельгой трубопровода или над горизонтом грунтовых вод, если последний расположен выше шельги. Величина гидростатического давления должна быть не менее глубины заложения труб, считая до шельги в верхнем колодце каждого испытываемого участка. При предварительном испытании безнапорных трубопроводов на плотность производят их осмотр, в течение которого для поддержания в трубопроводе давления осуществляют подкачку воды в стояк или колодец. Трубопровод считают выдержавшим предварительное испытание, если при его осмотре не обнаружено видимых утечек воды.

Окончательное испытание трубопроводов заключается в определении утечки воды и сопоставлении ее с допустимой (нормативной). Величина утечки определяют в верхнем колодце по объему добавленной в колодец или стояк воды до первоначального уровня, создающего необходимое гидростатическое давление. Испытание это должно продолжаться не менее 30 мин, а понижение уровня воды в колодце или стояке при этом допускается не более 20 см. Испытание на плотность трубопровода и колодца с измерением притока производят путем замера расхода поступающей воды в нижнем колодце объемным способом или с помощью водослива. Признается выдержавшим окончательное испытание на плотность участок безнапорного трубопровода, если при этом утечки или поступление воды не будет превышать величин, указанных в СНиПе. Приемка безнапорных самотечных трубопроводов и коллекторов сопровождается инструментальной проверкой отметок лотков в колодцах (нивелированием) и прямолинейности участков (на свет с помощью зеркала или другим способом).

## Глава 15. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

### 15.1. Состав и классификация сооружений

Составы водопроводных и канализационных сооружений зависят от условий подачи воды, способов ее очистки и т.п. Так, составы водозаборных и водоочистных сооружений в значительной мере определяются видом основного источника водоснабжения (поверхностный или подземный), а составы канализационных очистных сооружений – видом и степенью загрязненности сточных вод, определяющих выбор соответствующего способа очистки и необходимых сооружений.

Водопроводные и канализационные сооружения различного назначения строят в самых разнообразных геологических, гидрологических и климатических условиях. Чтобы правильно выбрать наиболее эффективные методы строительства данных сооружений, необходимо произвести их классификацию по основным признакам.

По функциональному (целевому) назначению различают следующие виды сооружений.

*Водопроводные сооружения:* для добычи подземных вод – скважины, шахтные и буровые (трубчатые) колодцы, горизонтальные водозаборные трубы и галереи, каптажные сооружения; для приема (забора) поверхностных вод – водозаборы берегового и руслового типа, ковшовые, инфильтрационные и передвижные водозаборы; для подачи и распределения воды между потребителями – водопроводные каналы, напорные водоводы, водопроводящие тоннели, дюкеры, насосные станции; для подготовки (очистки) питьевой воды – водопроводные очистные станции, включающие реагентное хозяйство, камеры хлопьеобразования (реакции), горизонтальные отстойники, фильтры или осветлители, резервуары чистой воды и др.; для регулирования напора и создания запаса воды – водонапорные башни, резервуары, водохранилища; для использования воды на промышленных предприятиях – водохранилища-охладители, градирни, брызгальные бассейны.

*Канализационные сооружения:* для сбора и отведения сточных вод – безнапорные канализационные самотечные трубопроводы, коллекторы, каналы, тоннели; для обезвреживания (очистки) сточных вод и охраны окружающей среды – канализационные очистные станции (КОС), включающие решетки, биофильтры, окислители, контактные резервуары, метантенки, септики, илоуплотнители, выпуски очищенных сточных вод, шламонакопители и др.; для перекачки стоков – канализационные насосные станции.

Для выбора оптимальных методов возведения водопроводных и канализационных сооружений (их в настоящее время более ста) весьма важно сгруппировать их, а затем классифицировать по основным строительным признакам, т.е. объемно-планировочным и конструктивным решениям.

**По объемно-планировочным и конструктивным решениям** данные сооружения подразделяют на следующие типы: *линейно-протяженные* – напорные и безнапорные водоводы и коллекторы, водопроводные каналы, горизонтальные водосборы, дюкеры, водопроводящие тоннели; *здания без емкостей* – насосные станции, хлораторные, озонаторные лаборатории, склады хлора и реагентов, электроподстанции и т.п.; *здания с емкостями* – здания реагентного хозяйства, фильтров, осветлителей, решеток, песколовков и др.; *емкостные сооружения* – камеры хлопьеобразования, горизонтальные и радиальные отстойники, аэротенки, резервуары, метантенки, биофильтры, септики; емкостные сооружения могут быть двух типов: *открытые* – аэротенки, радиальные отстойники, биофильтры и *закрытые* – горизонтальные отстойники, резервуары чистой воды, метантенки и др.; *заглубленные сооружения* – водозаборы берегового и руслового типа, насосные станции I подъема, трубчатые колодцы (скважины) и шахтные колодцы, канализационные насосные станции и др.; *башенные* – водонапорные башни, башни промывных резервуаров, градирни.

## 15.2. Внедрение индустриальных методов в строительство сооружений

Основой сокращения сроков строительства водопроводных и канализационных сооружений, снижения его общей трудоемкости и повышения качества возводимых сооружений является дальнейшая индустриализация производства строительного-монтажных работ. Сущность индустриализации водопроводно-канализационного строительства заключается в максимально возможном перенесении со строительных площадок в заводские цеховые условия наиболее трудоемких работ по изготовлению строительных конструкций, и превращении строительных площадок в монтажные по сборке и монтажу водоводов, зданий и сооружений из сборных конструкций и деталей (труб, паяелей, лотков, плит), имеющих высокую заводскую готовность.

Несмотря на преимущества индустриальных методов, в водопроводно-канализационном строительстве они долгое время не находили широкого применения. Одной из причин этого было недостаточное развитие специализированных баз и предприятий по выпуску сборных деталей и конструкций для водохозяйственного строительства, а другой – опасения, что сборные сооружения, особенно емкостные, из-за наличия стыков не обеспечат требуемой их герметичности (водонепроницаемости). Поэтому еще до недавнего времени темпы индустриализации водопроводно-канализационного строительства значительно отставали от темпов индустриализации жилищно-гражданского и промышленного строительства.

Полученный первый опыт широкого внедрения сборного железобетона в строительство емкостных сооружений, а также опыт их успешной длительной эксплуатации подтвердил в целом имеющуюся техническую возможность широкой замены при строительстве данных сооружений моно-

литных конструкций сборными. Учитывая преимущества индустриальных методов монтажа сооружений, этот опыт получил в дальнейшем широкое распространение. В последующие годы в специализированных строительных организациях были созданы базы по изготовлению сборных конструкций и построены целый ряд крупных комплексов сборных сооружений.

Область применения сборного железобетона в водопроводно-канализационном строительстве с каждым годом расширяется. Широкое внедрение в водопроводно-канализационное строительство индустриальных методов монтажа сооружений из сборных элементов и деталей заводского изготовления позволяет значительно сократить сроки и в конечном счете стоимость строительства, а широкое применение для монтажа высококачественных конструкций заводского изготовления (при надлежащем качестве сварки и замоноличивания стыков) – существенно повысить качество, т.е. обеспечить водонепроницаемость, морозостойкость и долговечность сооружений.

### **15.3. Унификация и типизация конструкций сборных сооружений.**

#### **Номенклатура сборных элементов и конструктивные схемы сооружений**

Индустриализация строительства сооружений тесно связана с отраслевой и межотраслевой унификацией их объемно-планировочных и конструктивных решений, так как только при таком условии можно повысить серийность однотипных конструкций и создать необходимые условия для их массового изготовления современными заводскими методами. Процесс унификации сооружений в своем развитии прошел путь от унификации отдельных элементов простейших зданий до межотраслевой унификации строительных параметров современных блокированных зданий и сооружений, на основе которой типизированы изделия массового применения, что в свою очередь послужило предпосылкой для создания высокомеханизированной базы строительной индустрии.

Современные методы унификации основаны на применении Единой модульной системы (ЕМС) при назначении размерных градаций планировочных и конструктивных параметров зданий и сооружений, определении целесообразного диапазона расчетных нагрузок для типизации конструкций, установлении оптимального сортамента стандартизованных элементов и определенных правил привязки строительных конструкций к разбивочным осям. ЕМС представляет собой совокупность правил координации размеров объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий и сооружений на базе основного модуля 100 мм (1М).

Размеры и взаимное расположение размеров объемно-планировочных и конструктивных элементов принимают с учетом установленных величин основного и производного модулей, соблюдения правил расположения

разбивочных осей и привязки к ним конструкций сооружений. Производные модули получают умножением основного модуля на целые или дробные коэффициенты. Производные модули бывают укрупненными – 60М, 30М, 15М, 12М, 6М, 3М, равные соответственно 6000, 3000, 1500, 1200, 600, 300 мм, и дробные – 1/2М, 1/5М, 1/10М, равные 50, 20 и 10 мм.

На основании унифицированных и типизированных сборных конструкций разработаны типовые проекты сооружений водоочистных станций и канализационных очистных станций различной производительности, прямоугольных резервуаров вместимостью от 50 до 40000 м<sup>3</sup>, цилиндрических резервуаров вместимостью от 1000 до 30000 м<sup>3</sup> и других сооружений. По этим проектам в различных районах построен целый ряд сооружений и их комплексов.

В унифицированных сборных емкостных сооружениях наиболее ответственным конструктивным элементом является стеновая панель, так как она обеспечивает прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и долговечность сооружений. В зависимости от характера работы стен сооружения различают три основных вида панелей: консольные, балочные, перегородочные. К *консольным* относят панели с одной жестко защемленной опорой внизу; к *балочным* – с двумя неподвижными опорами (нижней, защемленной в днище, и верхней, шарнирно связанной с покрытием); к *перегородочным* – панели консольного типа, не предназначенные для восприятия нагрузок от одностороннего давления воды или грунта. Перегородочные панели применяют для установки лотков с водой, переходных мостиков и технологических трубопроводов в сооружениях типа аэротенков.

В цилиндрических сооружениях диаметром от 4,5 до 9 м из-за значительной кривизны контуров днища применяют стеновые панели с криволинейными внутренней и внешней поверхностями при радиусе их кривизны 3 м и ширине 1,5 м. Для сооружений диаметром от 9 до 18 м применяют панели, имеющие внутреннюю поверхность плоскую, а внешнюю – криволинейную с радиусом кривизны 7,5 м при ширине 1,5 м. Аналогичные панели применяют для монтажа цилиндрических сооружений диаметром от 24 до 50 м, но при радиусе их кривизны 15 м и ширине 2,1 м.

Основные размеры стеновых панелей и других элементов сборных емкостных сооружений с указанием их массы, расхода бетона и арматуры приведены в их номенклатуре и поэтому в учебнике не приводятся.

Прямоугольные емкостные сооружения из типовых элементов проектируют с применением для стен, перегородок, лотков, мостиков, колонн, балок и плит покрытия сборного железобетона, а для днищ – монолитного (рис. 15.1).

Стеновые панели соединяют с днищем замоноличиванием их в пазах бетоном марки М300 на мелком заполнителе. Глубину паза принимают конструктивно и проверяют расчетом. Между собой панели соединяют путем сварки закладных деталей арматурными накладками с последующим замоноличиванием стыка цементно-песчаным раствором марки М300.

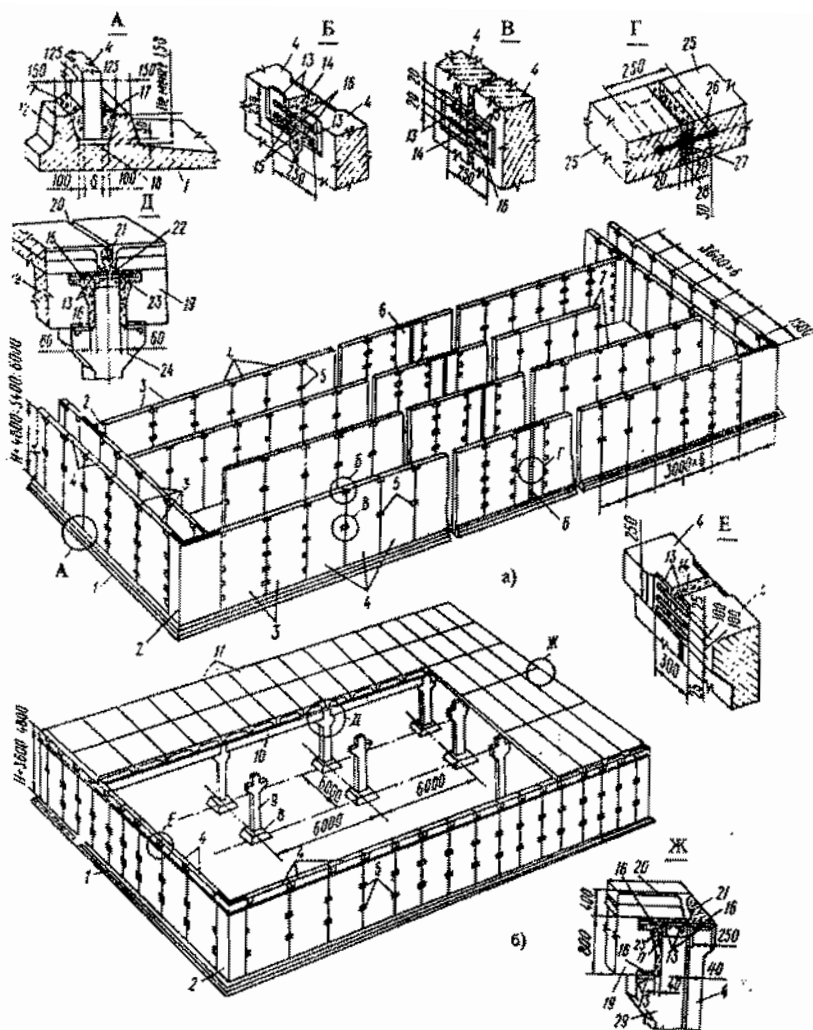


Рис. 15.1. Конструктивно-монтажные схемы прямоугольных емкостных сооружений из типовых унифицированных сборных элементов и деталей: а - емкостное прямоугольное сооружение коридорного типа (азротенки, горизонтальные отстойники и др.); б - резервуар; 1 - монолитное днище; 2 - монолитные угловые участки стен; 3 - панели для угловых участков; 4 - рядовые панели; 5 - закладные детали стыков; 6 - температурно-усадочный или деформационный шов; 7 - перегородочные панели; 8 - фундаменты (подколонники); 9 - колонны; 10 - балки или ригели; 11 - плиты покрытия; 12 - паз для установки стеновых панелей; 13 - закладные детали; 14 - цементно-песчаный раствор М300; 15 - накладные стержни; 16 - монтажные сварные швы; 17 - бетон М300 на мелком заполнителе; 18 - выравнивающий слой цементного раствора; 19 - балки или ригели; 20 - плиты покрытия; 21 - бетон М200 на мелком заполнителе; 22 - пластина металлическая; 23 - стержни; 24 - колонны рядовые; 25 - монолитные участки стен или днища; 26 - резиновая трехкулачковая шпонка; 27 - асбестовая пряжа, пропитанная битумом; 28 - асбестоцементный раствор; 29 - колонны пристенные



Покрытие закрытых емкостных сооружений проектируется из ребристых типовых плит, опирающихся через ригели на двухконсольные колонны сечением 400х400 мм, которые в свою очередь опираются на сборные фундаменты (подколонники). Плиты между собой, а также в местах опирания на ригели и стеновые панели крепят взаимной сваркой закладных деталей с последующей заделкой зазоров бетоном марки М300 на мелком заполнителе. По верху стеновых панелей в местах опирания плит покрытия по всей длине стенки устраивают на бетонку.

Конструктивные схемы открытых и закрытых сборных прямоугольных емкостных сооружений, а также узлы и детали крепления их отдельных элементов приведены на рис. 15.1 и 15.2.

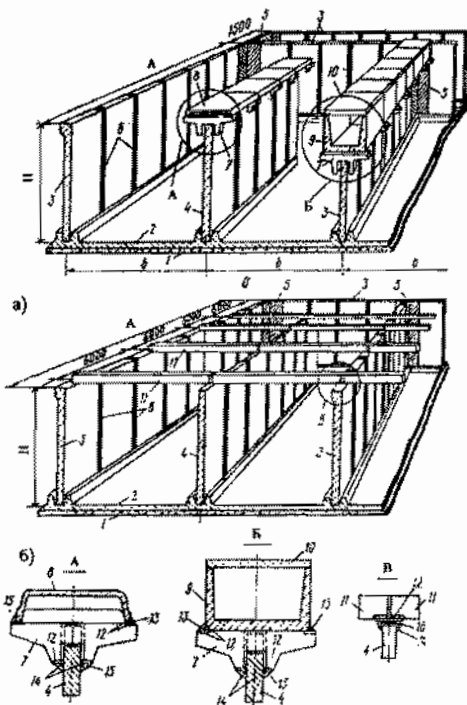


Рис. 15.2. Детали раскладки и крепления сборных элементов мостиков, лотков и распорок в открытых прямоугольных емкостных сооружениях: а - емкостное сооружение из консольных стеновых панелей; б - то же, из балочных стеновых панелей; 1 - бетонная подготовка; 2 - монолитное днище с пазами для установки стеновых панелей; 3 - стеновые панели рядовые; 4 - перегородочные панели; 5 - монолитные участки стен; 6 - стыки между панелями; 7 - поддерживающий элемент; 8 - плита ИПП-9; 9 - лоток ЛТ-1; 10 - плита ПТ; 11 - распорка; 12 - закладные детали; 13 - сварной монтажный шов; 14 - стальные клинья, привариваемые после установки элемента к его закладным деталям; 15 - цементный раствор; 16 - швеллер

**Цилиндрические емкостные сооружения из типовых сборных элементов** устраивают с последующим натяжением на их стенку кольцевой арматуры.

Количество кольцевой арматуры и ее натяжение определяют исходя из условий создания в бетоне панелей необходимых сжимающих напряжений при расчетной нагрузке от давления жидкости в нижней и верхней зонах.

Конструктивные схемы цилиндрических сборных емкостных сооружений, а также узлы и детали крепления сборных элементов приведены на рис. 15.3.

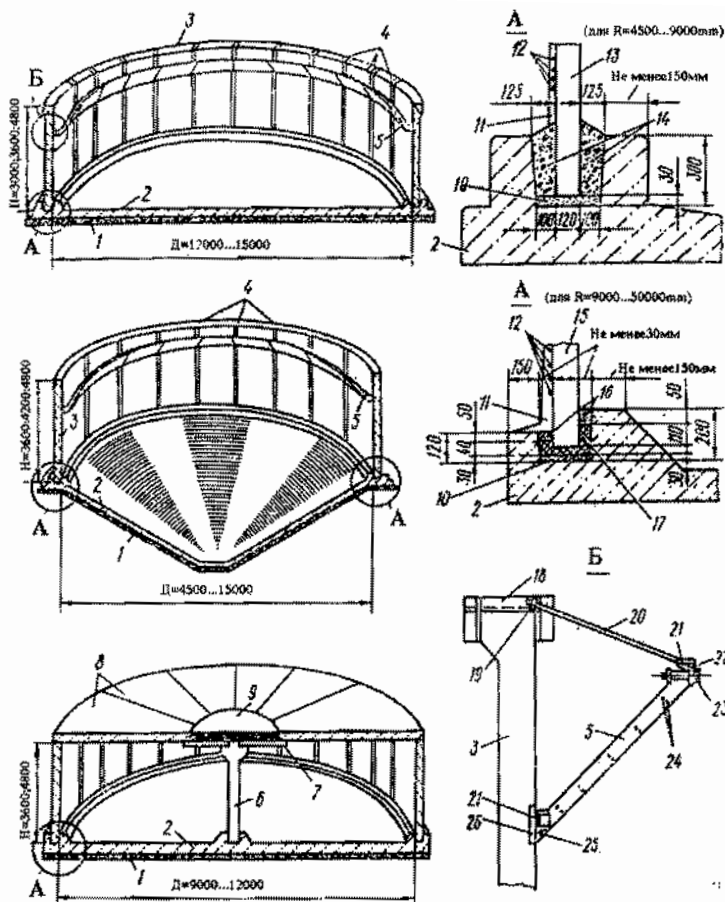


Рис. 15.3. Конструктивно-монтажные схемы цилиндрических емкостных сооружений из типовых унифицированных сборных элементов и деталей: а - радиальные отстойники; б - двухъярусный отстойник или осветлитель; в - резервуар; 1 - бетонная подготовка; 2 - монолитное днище с пазами; 3 - стеновые панели; 4 - стыки между панелями; 5 - элементы лотков ЛТЗ; 6 - колонна; 7 - поддерживающий элемент; 8 - плиты покрытия; 9 - монолитная круглая плита; 10 - выравнивающий слой цементного раствора; 11 - защитный слой торкрета; 12 - предварительно напрягаемая кольцевая арматура; 13 - стеновые панели типа СПЦ1; 14 - бетон марки М300 на мелком заполнителе; 15 - стеновые панели ПСЦ-2 (при  $R = 9 \dots 18$  м) или ПСЦ3 (при  $R = 24 \dots 50$  м); 16 - асбестоцементный раствор; 17 - битум марки БНПБ; 18 - хомут из уголка 80х6; 19 - гайка; 20 - монтажная тяга Ж16; 21 - сварной плов; 22 - уголок 80х6; 23 - болт  $d = 10$ ; 24 - выпуски арматуры; 25 - монтажные столики из уголка 100х10; 26 - закладные детали

В последние годы в типовую серию сборных емкостных сооружений были включены наряду с плоскими стеновыми панелями также панели с опорной «пятой» внизу, являющиеся более устойчивыми при монтаже со-

оружий, не требующие своего временного закрепления. Их использование внесло определенные изменения в конструктивные схемы сооружений.

#### 15.4. Монтаж прямоугольных емкостных сооружений

**Общие требования к монтажу сборных конструкций емкостных сооружений.** Монтаж начинают после инструментальной проверки соответствия проекту планового и высотного положения монолитного днища с пазами для установки стеновых панелей, а также фундаментов и других элементов. Вне зависимости от принятого способа и метода монтажа конструкций необходимо обеспечить надежную их устойчивость. При монтаже сооружений применяют различные сборные элементы, монтаж которых имеет свои особенности, однако при монтаже практически всех их выполняется ряд операций и рабочих приемов с использованием одинаковых методов с соблюдением одних и тех же правил. Так, чтобы установить любой элемент в проектное положение, необходимо выполнить следующие операции: подготовку его к монтажу, строповку, очистку места установки и устройство постели, подачу элемента, а также перемещение его при установке. Стropовку элементов следует производить в местах, указанных в проекте, и обеспечивать подачу их к месту установки в положении, близком к проектному. Приемку элемента монтажники производят в тот момент, когда его останавливают над местом установки на высоте не более 30 см, после чего его разворачивают и устанавливают в проектное положение по принятым ориентирам (рискам, штырям, упорам, граням и т.д.).

Точность монтажа конструкций определяют степенью приближения фактических размеров и положения в сооружениях к проектным. Учитывая, что на практике трудно обеспечить абсолютную точность изготовления конструкций и их монтажа, необходимо, чтобы величина фактических отступлений или погрешностей при этом не превышала допустимых. Высокое качество и точность монтажа сборных сооружений обеспечиваются изготовлением и монтажом элементов в пределах установленных допусков. Качество монтажных работ проверяют систематически, а приемку их производят по мере выполнения работ. Контроль качества смонтированных конструкций осуществляют путем замера натурального их положения в сооружении и проверки соответствия предельным допускам. Окончательную приемку монтажных работ производят после полного закрепления всех конструктивных узлов и приобретения бетоном замоноличивания стыков проектной прочности.

**Технология монтажа сооружений.** При возведении комплексов водопроводных и канализационных сооружений монтируют камеры реакции (хлопьеобразования), горизонтальные отстойники, фильтры, блоки очистных сооружений, резервуары чистой воды, аэротенки, биофильтры и другие прямоугольные емкостные сооружения.

Монтаж камер реакции осуществляют чаще всего комбинированным методом, при котором стеновые панели монтируют отдельно, а остальные элементы внутри камеры – комплексно. Монтаж камеры из панелей с опорной пятой начинают после устройства бетонной подготовки. Затем бетонировать днище и после набора им необходимой прочности устанавливают стойки и струнаправляющие перегородки камеры. При строительстве камер небольших размеров монтаж панелей, стоек и циркуляционных перегородок выполняют с передвижением крана и транспортных средств вокруг камеры по борту котлована.

Монтаж горизонтальных отстойников с учетом значительных размеров их в плане осуществляют кранами с передвижением их по бетонной подготовке или динцу вдоль монтируемых стен (рис. 15.4). Отстойники монтируют как раздельным, так и комплексным методом, при котором стеновые панели и плиты покрытия коридоров устанавливают за один проход крана.

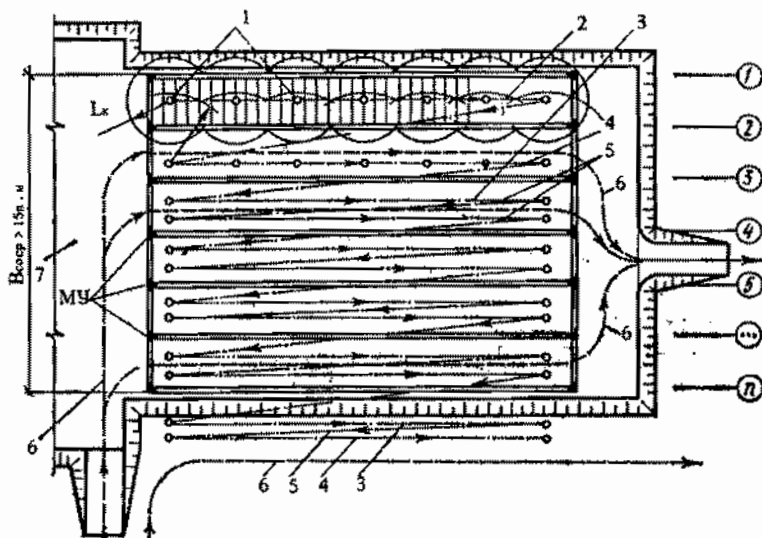


Рис. 15.4. Принципиальная схема монтажа горизонтального отстойника: 1 - стойки крана; 2 - ось движения крана при монтаже стеновых панелей первой секции (коридора); 3 - то же, второй и последующих секций; 4 - ось движения крана при монтаже плит покрытия; 5 - обратный ход крана; 6 - ось движения транспорта; 7 - котлован для здания фильтров; МУ - монолитные участки;  $L_k$  - вылет крюка крана при монтаже панелей и плит

Пример монтажа отстойника производительностью 300 тыс  $m^3/сут$ , состоящего из 10 коридоров шириной по 6 м, приведен на рис. 15.5. Монтаж ведут с транспортных средств, причем монтаж панелей начинают со среднего коридора (в осях Е-Д), а затем ведут кольцевыми симметричными захватками с передвижением крана вокруг смонтированных коридоров.

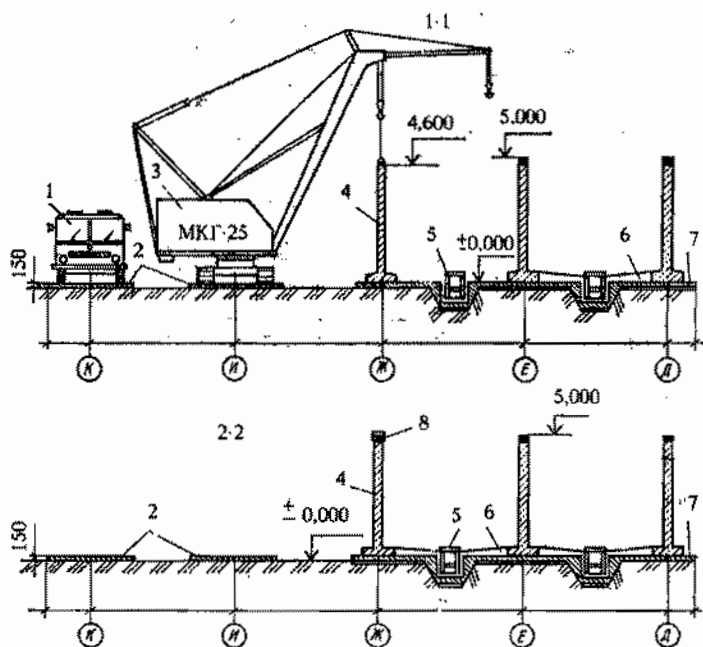
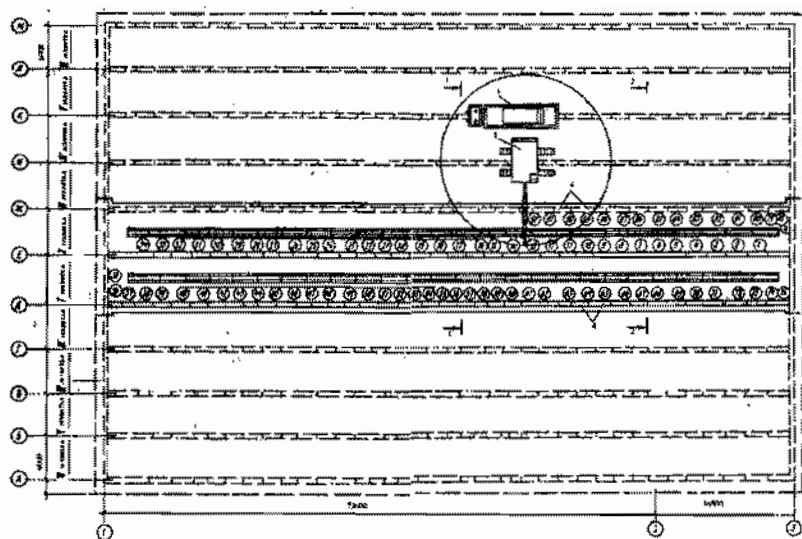


Рис. 15.5. Схема организации монтажа горизонтального отстойника гусеничным краном: 1 - панелевоз; 2 - временная дорога из сборных железобетонных плит; 3 - монтажный гусеничный кран МКГ-25; 4 - стеновые панели коридоров; 5 - опалубка труб для отвода осадка; 6 - монолитное днище; 7 - бетонная подготовка; 8 - опалубка монолитного железобетонного пояса

При такой организации работ после монтажа средних коридоров в них ведут работы по замоноличиванию стыков, торкретированию монолитных участков и др. Монтаж стеновых панелей на III ... IV захватках осуществляют после выполнения необходимых работ на предыдущих захватках, в том числе по замоноличиванию стыков, устройству монолитного пояса, монтажу стеновых панелей перегородок по оси 2, технологических трубопроводов и плит покрытия.

Горизонтальные отстойники монтируют тоже отдельным методом, при котором вначале одним краном большой грузоподъемности монтируют стеновые панели коридоров, а другим (вслед за ним) меньшей грузоподъемности – плиты покрытия. Краны в процессе монтажа панелей и плит движутся вдоль коридоров «змейкой» и используются по своей грузоподъемности более эффективно. При отдельном методе монтажа коридоров стыки панелей замоноличивают до установки плит покрытия. Последовательность монтажа стеновых панелей при этом следующая. Первыми устанавливают угловые (маячные) панели, которые выверяют, а затем по ходу движения крана монтируют остальные панели. После выверки производят «прихватку» панелей друг к другу электросваркой закладных деталей и арматурных выпусков.

*Монтаж фильтров* часто затрудняется расположением их внутри здания и необходимостью загрузки их фильтрующими материалами. При строительстве водоочистных станций (ВДС) монтируют фильтры как однорядные, так и двухрядные. Схема монтажа однорядных фильтров приведена на рис. 15.6. Строят их в две очереди, по полублокам. Фильтры каждой очереди сооружают в два этапа (цикла): нулевой и основной. В период нулевого цикла (рис. 15.6, а) выполняют земляные работы, устраивают фундаменты под колонны здания фильтров и бытовые помещения, а также монолитные днища ячеек в здании. Монтаж каркаса здания и самих ячеек фильтров (основной цикл) (рис. 15.6, б) ведут в такой последовательности: вначале монтируют каркас здания, а затем ячейки. Монтаж колонн, ферм и плит покрытия здания ведут с помощью гусеничного крана, перемещаемого по днищу фильтров (рис. 15.6, б ... г) при доставке элементов в зону крана. Затем устанавливают технологическое оборудование, трубопроводы и задвижки. Поскольку здание смонтировано полностью (включая покрытие), для монтажа фильтров применяют гусеничный кран с укороченной стрелой, передвигающийся по днищу фильтров (рис. 15.7, а). Замоноличивание стыков, монтаж дренажных и переливных лотков часто выполняют параллельно с монтажом панелей ячеек, после чего производят их гидравлические испытания. Однако, как показал опыт, одновременный монтаж всех элементов ячеек не всегда целесообразен, так как в случае некачественной заделки стыков (что может быть обнаружено только после гидравлических испытаний) трудно устранить дефекты и восстановить герметичность ячеек. Поэтому лотки лучше монтировать после испытания ячеек и устранения заме-

ченных дефектов (течей и т.п.). При этом их устанавливают с помощью крана-балки или специального козлового крана, перемещающегося по рельсам, уложенным на стенах фильтров (рис. 15.7, б).

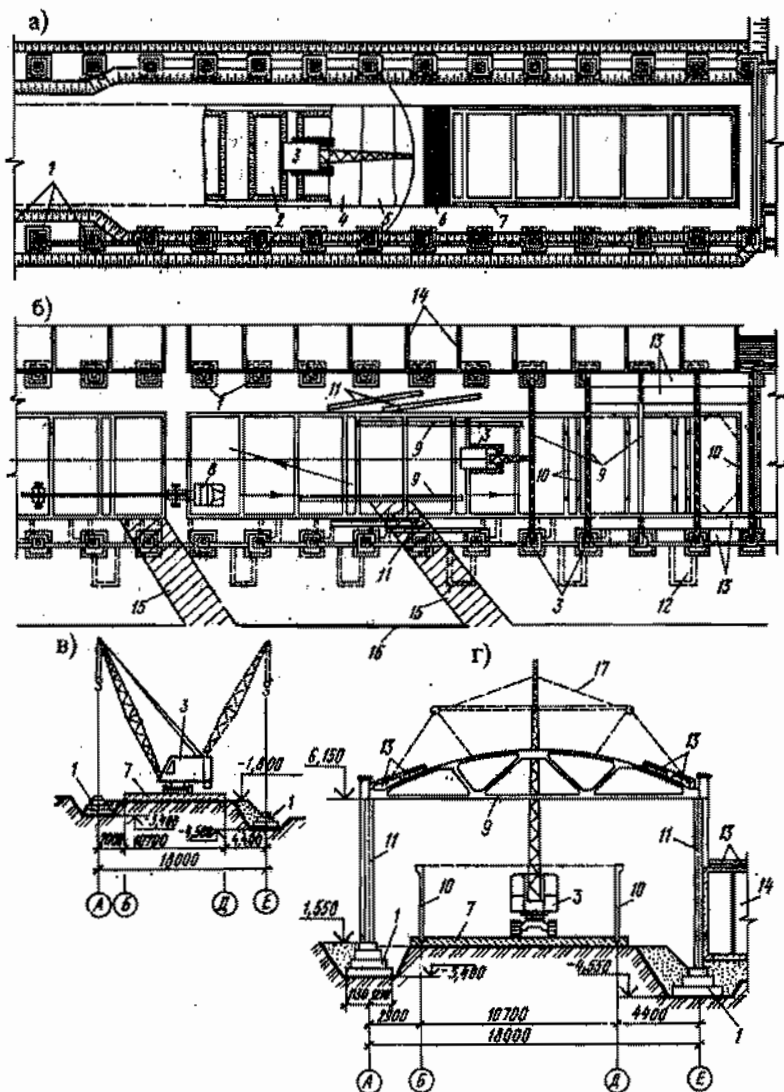


Рис. 15.6. Схема монтажа здания фильтров водоочистной станции производительностью 200 тыс. м<sup>3</sup>/сут: 1 - фундаменты; 2 - приямки; 3 - гусеничный кран грузоподъемностью 20 т; 4 - бетонная подготовка; 5 - асфальт; 6 - арматурные сетки; 7 - монолитное днище; 8 - фермовоз; 9 - железобетонные фермы длиной 18 м; 10 - панели стен фильтров; 11 - колонны здания; 12 - колодцы; 13 - плиты покрытия; 14 - коридоры отстойника; 15 - съезды; 16 - временная автотора; 17 - траверса для монтажа ферм





При строительстве ВДС часто возводят двухрядные фильтры, технология монтажа которых заключается в следующем. После планировки и зачистки котлована между рядами ячеек фильтров (в галерее технологических трубопроводов) краном устанавливают фундаменты под колонны, и после устройства бетонной подготовки монтируют панели стен. Затем бетонируют подготовку под фильтры в боковых частях, а также днище галереи трубопроводов, после чего краном, передвигающимся по бетонной подготовке фильтров, монтируют панели ячеек с транспортных средств. При этом кран, двигаясь по подготовке «на себя», разгружает панель с автомобиля (панелевоза) и после перестропки устанавливает ее в проектное положение. Ячейки фильтров монтируют комплексным методом с установкой всех элементов за один проход крана. Параллельно с монтажом конструкций фильтров замоноличивают стыки. Смонтировав ячейки фильтров, монтируют балки перекрытия, колонны и подкрановые балки главного пролета здания фильтров, используя при этом башенный кран. По достижении бетоном стыков и обвязочной балки наружных сборных стен ячеек фильтров не менее 70%-ой проектной прочности производят кладку стен в боковых помещениях над ячейками, а также монтаж плит покрытия.

*Монтаж блоков водоочистных сооружений.* В практике водопроводного строительства камеры хлопьеобразования, отстойники и фильтры часто объединяют в крупные блоки, что позволяет получить значительный экономический эффект от сокращения площади застройки, протяженности коммуникаций и объема земляных работ. Компактность таких блоков сооружений создает лучшие условия для их эксплуатации, но размеры их при этом существенно увеличиваются, что в целом усложняет организацию и технологию строительства. Особенности монтажа крупных блоков водоочистных сооружений рассмотрены ниже на ряде примеров, в том числе на примере монтажа блока фильтров, отстойников и камер хлопьеобразования типовой ВДС на 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут (рис. 15.8). Монтаж сооружений блока ведут двумя стреловыми тусеничными кранами, перемещающимися по дину двумя параллельными объектными потоками. Первыми монтируют фильтры, а вторыми – отстойники и камеры хлопьеобразования (реакции).

На рис. 15.9 и 15.10 приведены схемы монтажа конструкций такого блока двумя объектными потоками с использованием башенного и пневмоколесного кранов.

**Объектный поток 1** охватывает строительство здания фильтров, разделенного на три неравновеликих монтажных участка, каждый из которых включает в себя несущие конструкции здания и ячейки фильтров общей протяженностью около 60 м. Особенностью этого потока является совмещение монтажа несущих конструкций здания и ячеек фильтров. Монтаж их ведут башенным краном, расположенным со свободной стороны здания, т.е. со стороны, противоположной отстойникам (рис. 15.9, а, б), на отдельных участках в такой последовательности. После устройства фундаментов по

оси Д монтируют колонны по этой оси, а затем стеновые панели, лотки и другие конструкции ячеек фильтров. Смонтировав их, устанавливают колонны каркаса здания по оси А (рис. 15.9, б). Последовательность установки конструкций в проектное положение показана цифрами в кружках на рис. 15.9, в. Одновременно замоноличивают стыки между панелями ячеек, устанавливают ходовые мостики, площадки и подвешивают монорельсы, после чего монтируют балки и плиты покрытия здания, выполняют кровлю и кирпичную кладку стен. Монтаж технологических трубопроводов, запорной и другой арматуры ведут с помощью монорельса с тельфером.

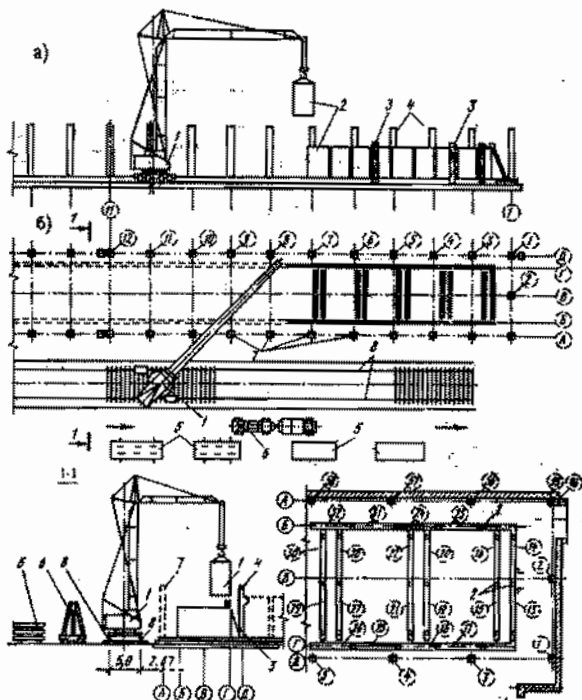


Рис. 15.9. Схема монтажа блока фильтров и отстойников башенным краном (объектный поток 1): 1 - монтажный кран; 2 - стеновые панели; 3 - лестница; 4 - колонны; 5 - сборные элементы, подготовленные для монтажа; 6 - панелевоз; 7 - места установки колонн по оси А; 8 - подкрановый путь; (1 ... 13) - колонны ряда по оси Д; (13 ... 32) - панели ячеек фильтров; (46 ... 53) - колонны по оси А

Объектный поток 2 охватывает строительство блока горизонтальных отстойников, камер реакции и галерей технологических трубопроводов. Особенностью монтажа блока, включающего 16 секций и два технологических коридора шириной по 6 м при общей длине 61,6 м, является большая площадь, занимаемая ими (около 6200 м<sup>2</sup>) при общей сравнительно небольшой их высоте (до 5 – 6 м) и массе конструкций (до 8 – 10 т). Это пре-

допределило целесообразность монтажа сооружения пневмоколесными кранами.

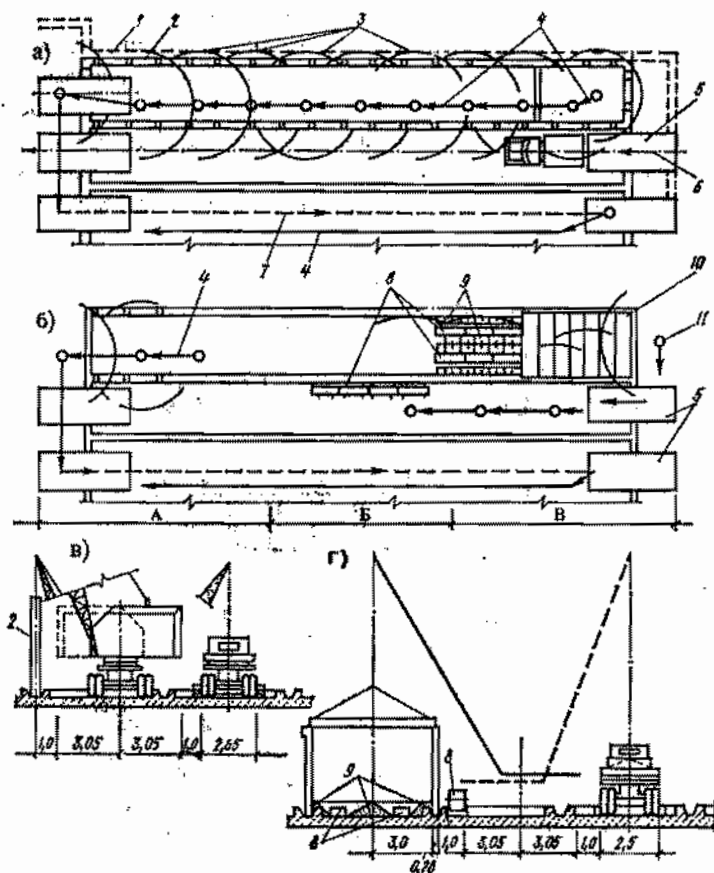


Рис. 15.10. Схемы монтажа конструкций горизонтальных отстойников блока фильтров и отстойников пневмоколесными кранами (объектный поток 2): а - расстановка переездных мостиков и схема движения пневмоколесного крана №1 (К-162) и обслуживающих его транспортных средств; б - то же, крана №2 (К-106); в, г - схемы к определению вылета крюка для кранов №1 и 2; 1 - кирпичные стены; 2 - стеновые панели; 3 - границы установки конструкций с одной стоянки крана; 4 - стоянки и рабочий ход крана №1; 5 - переездные мостики для проезда над выступами (пазами) днища; 6 - ось и направление движения транспорта; 7 - обратный ход крана №1; 8 - перфорированные короба (лотки); 9 - бетонные пандусы; 10 - плиты покрытия; 11 - стоянки и рабочий ход крана №2; А - зона завершения установки стеновых панелей краном №1; Б - то же, окончательного их закрепления; В - зона монтажа конструкции краном №2

Секции и коридоры по своей длине отличаются однотипностью строительных конструкций и равномерностью распределения объемов работ, что в целом позволяет организовать их монтаж ритмичными потоками. Технология монтажа данного блока состоит в следующем. После устройства

монолитного днища пневмоколесным краном №1 (К-162) с днища сооруже- ния монтируют стеновые панели первой секции (коридора) отстойника (рис. 15.10, а, в). Затем после замоноличивания стыков между панелями и устройства монолитных участков стен (в углах) с помощью другого пневмо- колесного крана №2 (К-106) укладывают перфорированные короба в от- стойной части, а также перегородки и трубы в камере реакции (рис. 15.10, б), которые омоноличивают в одном потоке с устройством призм на дне секции (рис. 15.10, г). Одновременно монтируют узлы трубопроводов в обенх галереях на вводе в камере реакции и на выходе из отстойников. Процесс возведения каждой секции завершают установкой плит покрытия, включая установку вытяжных, вентиляционных и других люков, ходовых лестниц, гидронзоляцию покрытия. Торкретирование и железнение монолитных уча- стков стен выполняют после полного завершения всех монтажных работ.

*Монтаж резервуаров.* Методы и последовательность монтажа пря- моугольных резервуаров во многом определяются типом и габаритами сборных конструкций, и в частности типом стеновой панели. Для монтажа резервуаров различной вместимости применяют практически однотипные сборные элементы при общем небольшом количестве их типоразмеров (сте- новые панели, перегородки, подколонники, колонны, балки или ригели и плиты покрытия). Шаг колонн, размеры балок, ригелей и плит также уни- фицированы, а количество пролетов находится в прямой зависимости от вместимости резервуаров. Все это позволяет применять однотипную техно- логию и схемы монтажа резервуаров практически независимо от их вмести- мости.

Монтаж небольших в плане резервуаров ведут с передвижением кра- на вокруг них по берме котлована, а средних и больших размеров – в пере- движением монтажного крана по их днищу и с разбивкой на монтажные участки по продольным осям А, Б, В и т.д. (рис. 15.11). Монтаж конструк- ций в пределах резервуара целесообразно выполнять по пролетам, принима- емым в качестве монтажных участков. Работы на каждом участке можно выполнять тремя специализированными потоками: 1) установка стен пане- лей и фундаментов под колонны (подколонников); 2) монтаж колонн и цир- куляционных перегородок с одновременным замоноличиванием стыков; 3) укладка балок (ригелей) и плит покрытия.

Последовательность монтажа сборных конструкций должна обеспе- чивать устойчивость и прочность их в пределах монтажного участка. Учи- тывая значительные размеры в плане крупных резервуаров, их монтаж про- изводят в основном с передвижением крана внутри резервуара по его дни- щу. Устанавливать сборные элементы резервуаров можно комплексным, раздельным или комбинированным методами.

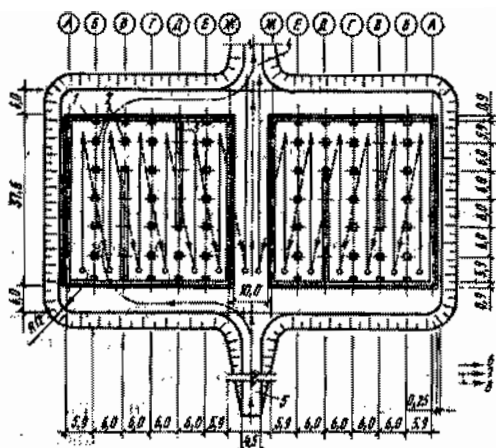


Рис. 15.11. Схемы движения монтажных кранов при возведении двух крупных резервуаров: 1 - стеновые панели; 2 - колонны в котловане; 3 - циркуляционные перегородки; 4, 5 - выезд из котлована и выезд в него; 6 - рабочий ход крана (→); 7 - обратный ход (←); 8 - направление движения транспортных средств (— →)

При комплексном методе после установки части стеновых панелей одновременно монтируют колонны, циркуляционные перегородки и плиты покрытия. Однако этот метод наряду с преимуществами не свободен от недостатков, поскольку грузоподъемность крана при этом подбирают по массе наиболее тяжелых элементов (стеновых панелей), а кран по ходу движения монтирует и более легкие элементы (колонны, балки, ригели, плиты). Кроме того, работа крана в стесненных условиях котлована, при необходимости завоза туда и складирования всех элементов, значительно затрудняет организацию работ и замедляет темпы возведения резервуаров. Поэтому иногда более эффективен раздельный или комбинированный метод их монтажа, при котором основные сборные элементы устанавливают в три этапа: на первом — гусеничным краном, передвигающимся по готовому днищу или бетонной подготовке, монтируют раздельно панели стен, за исключением монтажного проема, оставляемого для въезда крана и панелевозов; на втором — пневмоколесным краном, передвигающимся по днищу, устанавливают комплексно колонны, циркуляционные перегородки и плиты покрытия; на третьем — гусеничным краном устанавливают сборные элементы в месте монтажного проема. Последний этап работ выполняют после завершения всех работ внутри резервуаров, в том числе отделочных, гидроизоляционных, монтажа трубопроводов и оборудования.

Наряду с указанным раздельно-комбинированным методом эффективным является так называемый кольцевой метод монтажа резервуара с использованием двух параллельно работающих кранов (IV схема монтажа). При этом одним краном (большой грузоподъемности), передвигающимся вокруг резервуара по берме котлована, устанавливают стеновые панели, а также колонны, балки и плиты примыкающего к стенам одного пролета покрытия, а вторым (более легким) краном, передвигающимся по днищу параллельно первому, монтируют колонны, балки и плиты покрытия второго

пролета. Завершив монтаж панелей, колонн, балок и плит покрытия по двум рядам пролета наружного периметра резервуара, переходят к монтажу конструкций центральной части резервуара (2-я очередь строительства). Монтаж четырех пролетов центральной части производят комплексным методом. Последний этап монтажа – заполнение монтажного проема стеновыми панелями после выхода крана из резервуара.

Монтаж покрытий прямоугольных резервуаров можно вести одновременно по нескольким пролетам, например перекрытия девятипролетного резервуара по трем – пяти пролетам. При одновременном монтаже трех пролетов один из них оставляют для передвижения крана, а в других раскладывают сборные элементы; при монтаже пяти пролетов под раскладку элементов может быть занято четыре пролета. Завершив выверку колонн и сварку их соединений с балками и плитами, производят окончательное выравнивание швов. Схему движения крана при этом выбирают такой, чтобы к концу монтажа край мог выйти из резервуара через оставленный проем. После установки панелей в месте проема оставшиеся плиты покрытия устанавливают краном, находящимся вне резервуара.

*Монтаж аэротенков* (наиболее характерная схема приведена на рис. 15.13). Монтаж конструкций и технологических трубопроводов четырехкоридорных аэротенков ведут отдельным методом четырьмя специализированными потоками, что соответствует количеству секций аэротенков. В первый поток включают монтаж панелей продольных стен аэротенков по осям А, Б, В, Г и Д (рис. 15.12, 1-1) с одновременным их закреплением и замоноличиванием стыков. Во второй включают монтаж балок, плит и ходовых мостиков по осям Б и Г, балок и лотков для подачи активного ила, затем плит, перекрывающих эти лотки, по оси В. В третий поток входят работы по монтажу воздухопроводов, каналов и других элементов конструкций, монтаж которых должен быть закончен до установки панелей торцевых поперечных стен. В четвертый, который разбивают на два параллельных потока, включают монтаж поперечных ходовых мостиков, торцевых стен и лотков, начиная с поперечной оси 3 (один поток направляют к оси 1, а второй к оси 5). Такое распределение работ по специализированным потокам позволяет подобрать для монтажа конструкций и трубопроводов наиболее экономичные краны, передвигающиеся по днищу и работающие на минимальных вылетах крюка. Сварку и замоноличивание стыков конструкций, а также другие сопутствующие работы выполняют отдельные звенья. Приведенная на рис. 15.12 схема монтажа четырехкоридорных аэротенков показывает, что каждая секция может быть разбита на четыре типовых монтажных участка с постоянной технологией, повторяющейся во всех последующих секциях. Движение крана в коридорах шириной 9 м выдерживается прямолинейным, а в более широких коридорах может быть и зигзагообразным. При прямолинейной схеме кран, двигаясь по оси коридора, монтирует одновременно панели двух противоположных стен на вылете стрелы 4 – 5 м, а при зигзагообраз-

ной схеме процесс выполняется аналогично, что позволяет работать крану при минимальном вылете стрелы.

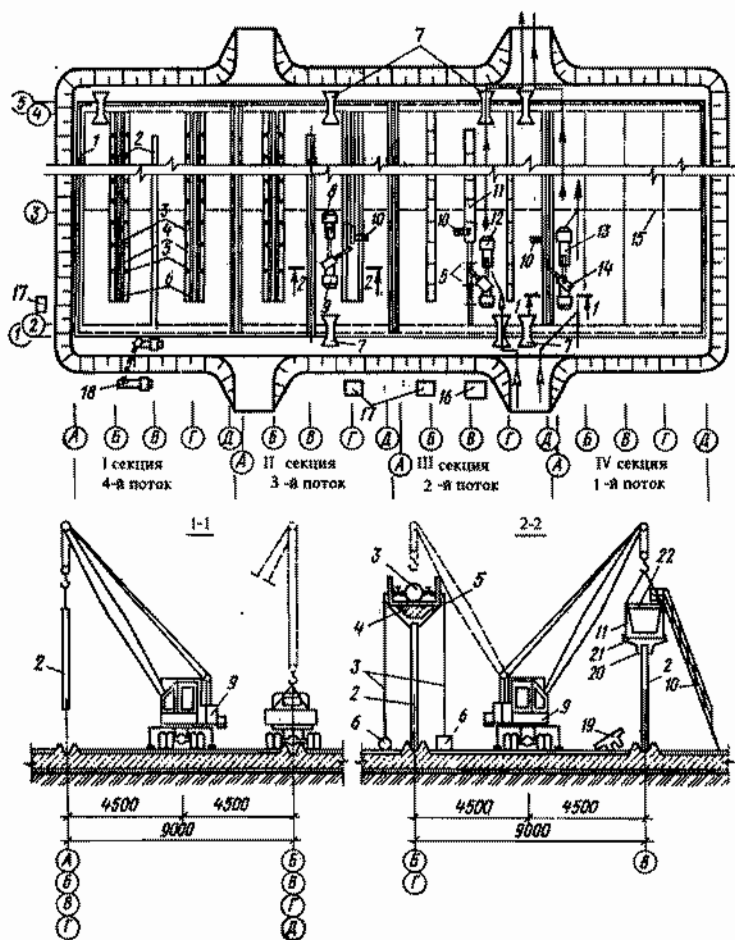


Рис. 15.12. Схема монтажа четырехкоридорных аэротенток из типовых плоских панелей раздельным методом: 1 - стеновые панели наружные; 2 - то же, внутренние; 3 - воздухопроводы с отводами к фильтросным каналам; 4 - плиты ходовых мостиков; 5 - балки; 6 - фильтросные каналы; 7 - инвентарные переездные мостики; 8 - бортовой автомобиль; 9 - автокран; 10 - стремянки; 11 - лотки; 12 - автомобиль по доставке лотков; 13 - панелевоз; 14 - пневмоколесный кран, устанавливающий стеновые панели; 15 - температурно-усадочный шов; 16 - растворонасос для замоноличивания стыков; 17 - электросварочные агрегаты; 18 - панелевоз по доставке панелей для торцевых стен; 19 - балка, подготовленная к установке; 20 - клинья для временно-го крепления балок; 21 - сварной шов; 22 - предохранительная распорка в лотке

Поскольку при монтаже аэротенток применяются элементы различной массы, в процессе работ приходится использовать разные способы их

доставки в котлован, а также установки в проектное положение. Например, конструкции, доставляемые в котлован по одной-две на одном транспортном приоре, монтируют обычно с транспортных средств, т.е. «с колес», а более мелкие — с предварительной доставкой и раскладыванием на днище. Но часто в силу стесненности условий «с колес» монтируют и конструкции массой 2 — 2,5 т, пользуясь транспортными средствами меньшей грузоподъемности (не более 5 т). При монтаже элементов с предварительной раскладкой их размещают в непосредственной близости к фронту работ или у противоположных стен, что, однако, удлиняет монтажный цикл краиа. Закончив в азэротенках монтажные работы, переходят к торкретированию и железению бетонных поверхностей монолитных участков, а также гидравлическому испытанию емкостей и гидроизоляции наружных поверхностей стен.

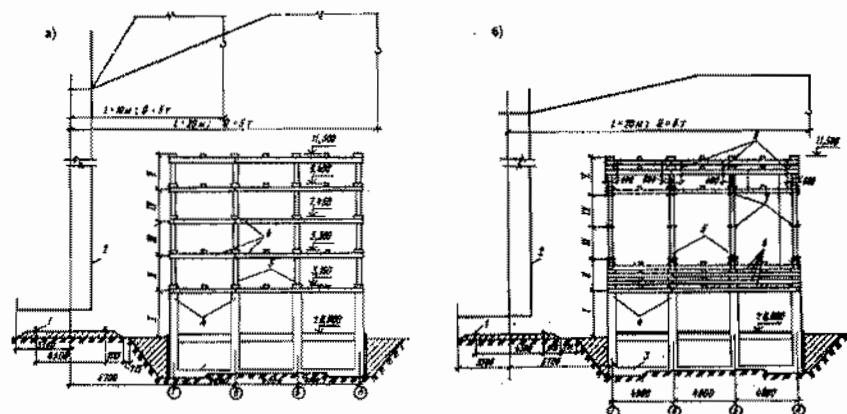


Рис. 15.13. Монтаж типовой сборной железобетонной вентиляционной градирни: а - способом снизу вверх; б - то же, сверху вниз; 1 - рельсовый подкрановый путь; 2 - башенный кран (типа КБ-100) грузоподъемностью 5 т; 3 - водосборный бассейн; 4 - монолитные колонны; 5 - сборные колонны; 6 - ригели; 7 - опорные детали; 8 - временные хомуты

Монтаж двух- и трехкоридорных азэротенков (небольшой производительности) с шириной коридоров не менее 4 — 5 м выполняют по той же схеме, что и четырехкоридорных. Азэротенки с узкими коридорами (шириной менее 4 — 5 м) монтируют обычно комплексным методом — по коридорам. При этом после монтажа панелей продольных стен сразу устанавливают в коридоре все конструкции, а также воздуховоды, переходные мостики и т.п. К монтажу следующего коридора переходят после полного завершения работ в предыдущем. Чтобы исключить простой краиа в ожидании фронта работ, монтажные работы целесообразно организовать параллельно в двух секциях азэротенков. Установив конструкции в пределах первого коридора первой секции, кран переводят во вторую для выполнения аналогичных работ, а в смонтированном коридоре первой секции в это время сваривают за-



кладные детали, замоноличивают стыки и пр. Завершив работы в первом коридоре второй секции, кран возвращают в первую, где продолжают монтировать следующий коридор. В это время во второй секции готовят фронт для продолжения работ в следующем коридоре и т.п.

**Монтаж типовых вентиляционных градирен** ведут башенным краном, расположенным с одной стороны каркаса при обеспечении вылета крюка крана для монтажа элементов самого крайнего ряда конструкций. При этом возможны два способа монтажа каркасов градирен – снизу вверх и сверху вниз. При монтаже способом снизу вверх (рис. 15.13, а) работы ведут следующим образом. На монолитные колонны водосборного бассейна устанавливают поперечные и продольные ригели I яруса каркаса (отметка 3,15 м), после их выверяют и закрепляют в проектном положении. Далее в стаканы, образованные ригелями, опускают колонны каркаса с приваренными опорными деталями под ригели II яруса на отметке 5,3 м, после чего их временно закрепляют. Затем на них монтируют ригели II яруса, к ним приваривают опорные детали III яруса, после чего монтируют колонны этого яруса и т.д., пока не будут смонтированы все оставшиеся ярусы каркаса. При монтаже каркаса способом сверху вниз (рис. 15.13, б) работы выполняют так. На монолитные колонны бассейна устанавливают поперечные и продольные ригели I яруса, и после выверки крепят их между собой и к колоннам на сварке закладных деталей. Затем на ригели I яруса последовательно укладывают поперечные и продольные ригели II, III и IV ярусов. В образованные ригелями стаканы на колонны бассейна устанавливают колонны каркаса с приваренными опорными деталями под ригели верхнего V яруса. Выставленные на всю высоту каркаса колонны расчаливают и временно раскрепляют, после чего к ригелям V яруса на временных хомутах подвешивают ригели IV яруса, а к колоннам приваривают опорные детали этого яруса. Далее на них опускают подвешенные ригели, выверяют и временно закрепляют. Установку ригелей III и II ярусов производят в такой же последовательности.

### 15.5. Монтаж круглых (цилиндрических) сооружений

**Монтаж цилиндрических резервуаров.** В цилиндрических резервуарах монтажные участки назначают в зависимости от общих габаритов резервуаров и их вместимости. Так, в резервуарах вместимостью до 1000 м<sup>3</sup> монтажные участки назначают между осями колонн и стеновых панелей, а в резервуарах емкостью более 1000 м<sup>3</sup> – по секторам, ограниченными углами в 90 и 120°. При кольцевых участках объемы и трудоемкости работ по ним не одинаковы, а при секторных равны между собой. Кольцевые участки рекомендуется назначать тогда, когда днище достаточно прочное и может выдержать нагрузку от крана и транспортных средств, а если нет, то назначают участки в виде секторов. При этом часть днища по оси сектора, достаточную для размещения крана, оставляют не забетонированной и выстила-

ют железобетонными плитами, на которые въезжает кран. С этой стоянки краном комплексным методом монтируют конструкции в центральной части резервуара, а затем его перемещают в сторону на расстояние, достаточное для монтажа следующего ряда конструкций сектора. Со второй стоянки краном вначале перекадывают дорожные плиты, а затем бадьями подают бетон для бетонирования освобожденного участка днища и монтируют конструкции резервуара в пределах сектора. Примерно в такой же последовательности процессы повторяют. Материалы и конструкции в рабочую зону подают автотранспортом непосредственно к крану. В последующем, по мере удаления краиа от центра резервуара, автомашины останавливаются за его пределами (если позволяет вылет стрелы крана). Достоинством описанной «секторной» схемы монтажа является то, что работы можно вести одновременно несколькими краями в разных секторах резервуара.

Технологическая схема монтажа цилиндрического резервуара диаметром более 15 м приведена на рис. 15.14.

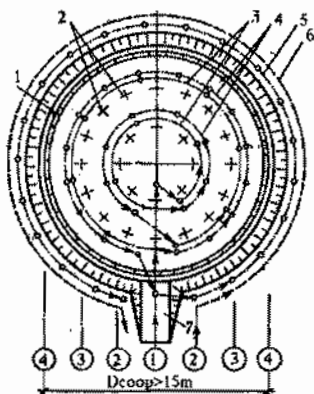


Рис. 15.14. Принципиальная схема монтажа крупного цилиндрического резервуара: 1 - стеновые панели; 2 - места установки колонны; 3 - ось движения крана при монтаже колонны; 4 - то же, при укладке ригелей и плит покрытия; 5 - то же, стеновых панелей и плит покрытия по следнего ряда; 6 - ось движения транспортных средств; 7 - въезд и выезд из котлована; кружками обозначены стоянки крана

Монтаж резервуара начинают с центра, с заезда крана на днище. При этом край и транспортные средства в процессе монтажа колонны, ригелей и плит движутся по кольцевым направлениям. В заключение кран выезжает на берму котлована и, двигаясь по ней, монтирует стеновые панели и плиты покрытия последнего ряда. При этом транспорт, занятый доставкой конструкций, движется по берме котлована. Используют также схему монтажа стеновых панелей с заездом крана непосредственно на днище резервуара. В этом случае панели раскладывают плашмя на прокладки по обе стороны от монтируемой стенки: снаружи — на грунт дна котлована, а внутри — на днище резервуара. Для того чтобы уложить панели с наружной стороны резервуара, котлован уширяют на 3 — 4 м. Панели раскладывают большей стороной параллельно стене и монтажными петлями в одну сторону, с тем чтобы стык двух смежных панелей, расположенных по обе стороны стенки, находился примерно на одинаковом расстоянии от монтажного крана. Для мон-

тажа конструкций кран въезжает на днище и, двигаясь по подкладным щитам или дорожным плитам вдоль уложенных панелей, устанавливает их в проектное положение. После монтажа, выверки и окончательного закрепления стеновых панелей стыки между ними заделывают бетоном и заливают битумом в паз с заделкой его асбестоцементной смесью. По достижении бетоном в стыках между панелями и торкретным слоем 70% проектной прочности на внешнюю поверхность панели навивают высокопрочную проволоку или арматуру с помощью специальной навивочной машины.

Однако метод монтажа цилиндрических резервуаров с раскладкой панелей плашмя приводит к увеличению размеров котлована и соответственно объемов земляных работ. Поэтому целесообразнее складировать завезенные на днище панели в специальных кассетах в вертикальном положении. При этом на днище обычно располагают две-три кассеты, в которых размещают панели в количестве, необходимом для монтажа резервуара, за исключением 3 – 5 панелей; последние устанавливают в кассету, расположенную между резервуарами. Панели из этой кассеты используют для установки их в проемы, оставленные в резервуарах для выезда крана.

**Монтаж радиальных первичных и вторичных отстойников** чаще всего осуществляют группами, причем либо комплексным методом, при котором к монтажу каждого последующего сооружения приступают после завершения предыдущего, либо раздельным, при котором отдельные виды элементов и деталей всех отстойников монтируют последовательными потоками. Отстойники диаметром до 20 м монтируют с передвижением крана по дну котлована вокруг сооружения (рис. 15.15, а), а диаметром более 20 м – с передвижением его непосредственно по днищу сооружения. Схема монтажа радиального отстойника диаметром 40 м пневмоколесным краном приведена на рис. 15.15, б, в. До начала монтажа панелей проверяют отметки дна паза и при необходимости выравнивают его, затем размечают места установки панелей. Край въезжает на днище и, двигаясь по подкладным щитам, производит установку панелей в проектное положение. Строповку панелей осуществляют за четыре монтажные петли универсальной траверсой. Подъем их производят методом поворота (рис. 15.15, в), а затем в вертикальном положении перемещают к месту установки. Панель устанавливают в паз на слой вязкой битумной массы толщиной 6 – 8 мм и закрепляют внизу клиньями или сверху временными монтажными приспособлениями – трубчатыми подкосами с якорями и струбцинами (рис. 15.15, г).

Монтаж элементов сборных лотков ведут одновременно со стенами и закрепляют их инвентарными стяжками и муфтами со струбцинами (рис. 15.16, д). После установки панелей и лотков, их выверки и окончательного закрепления заделывают стыки между панелями. После твердения бетона стыков и их распалубки на внутреннюю поверхность стен отстойника наносят слой торкрета, а после достижения бетоном в стыках и торкретным слоем 70%-ной проектной прочности производят предварительное напряжение

стенки отстойника навивкой на внешнюю поверхность высокопрочной проволоки или арматуры.

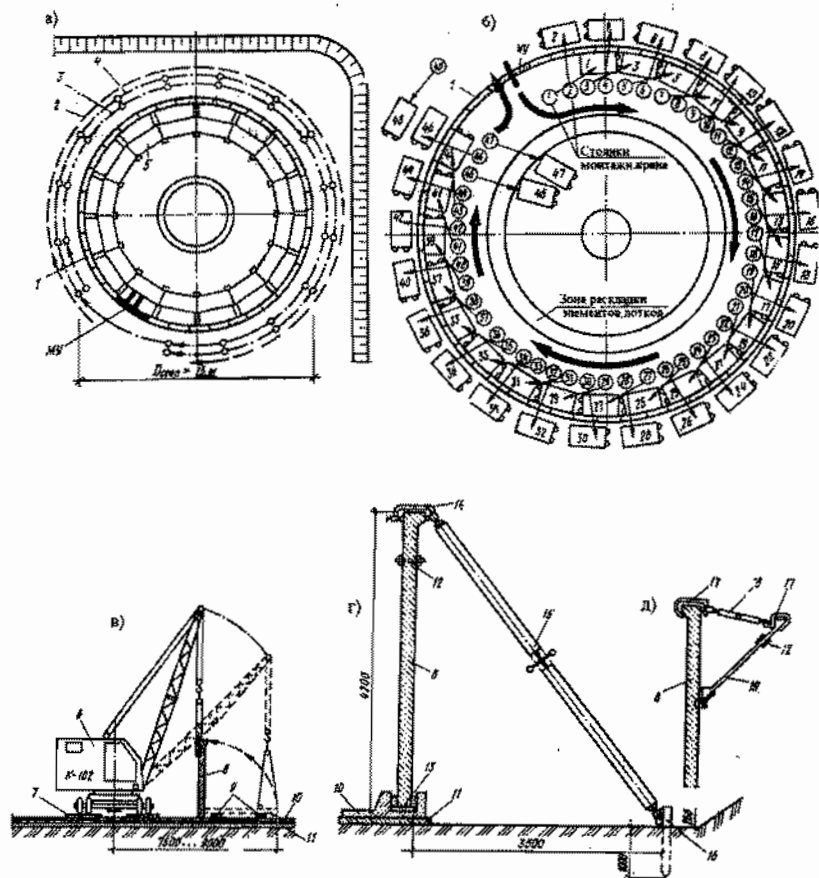


Рис. 15.15. Схема монтажа радиальных отстойников: 1 - места установки панелей; 2 - ось движения транспорта; 3 - то же, крана при монтаже панелей; 4 - то же, кронштейнов и лотков; 5 - прямоугольный лоток; 6 - монтажный кран; 7 - подкладные шиты; 8 - стеновые панели; 9 - подкладки; 10 - монолитное днище; 11 - бетонная подготовка; 12 - фиксатор; 13 - пазы в днище; 14 - струбцина; 15 - подкос трубчатый со стяжным винтом; 16 - якорь из трубы; 17 - скобы; 18 - стяжная муфта (форколф); 19 - угловой лоток; цифры на панелях и в кружках указывают места их раскладки и последовательность монтажа; МУ - монолитный участок (сооружение)

Независимо от применяемых схем монтажа радиальных отстойников установку панелей и лотков начинают и завершают у монолитного участка, в котором сосредоточены три основных их элемента - стены, лотки и сливная камера с отводной трубой. При этом замоноличивание стыков панелей заканчивают бетонированием монолитного участка и сливной камеры. По-

сколькx радиальные отстойники строят чаще всего группами (по два, три и четыре), их целесообразно возводить единым потоком, принимая каждый из них за монтажный участок и предусмотрев максимальное совмещение процессов при равномерном и непрерывном выполнении работ одним и теми же исполнителями.

**Монтаж метантенков**, представляющих собой цилиндрические емкостные сооружения со стенами из типовых панелей, устанавливаемых в паз конусообразного днища, ведут раздельным кольцевым методом с передвижением крана вокруг монтируемого сооружения по берме котлована (рис. 15.16).

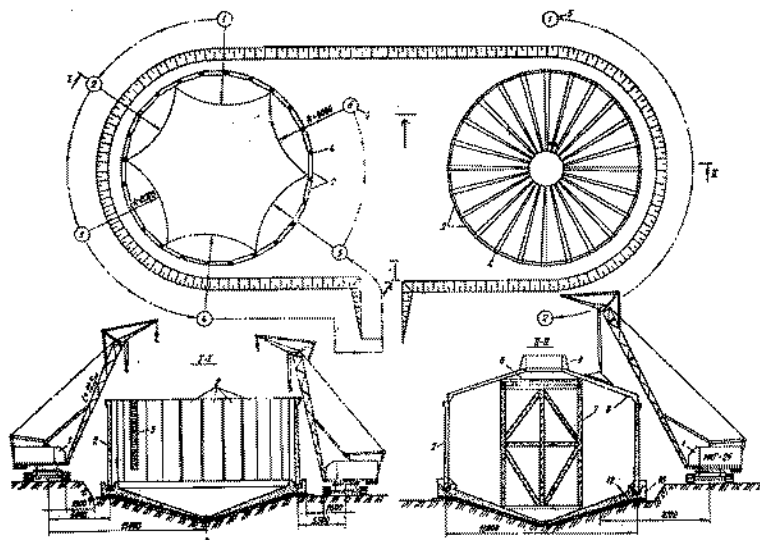


Рис. 15.16. Пример монтажа метантенков диаметром 18 м из типовых плоских панелей гусеничным краном: а - монтаж стеновых панелей; б - монтаж плит покрытия; 1 - монтажный кран; 2 - панели; 3 - инвентарная металлическая лестница; 4 - стыки между сборными конструкциями; 5 - стоянки кранов; 6 - деревянный настил; 7 - трубчатая инвентарная эстакада; 8 - плиты покрытия; 9 - опорное кольцо покрытия; 10 - монолитное днище метантенков с выступами для установки стеновых панелей

До начала монтажа стеновых панелей устраивают бетонную подготовку и монолитное днище метантенков с пазами. После выверки отметки паза и исправления дефектов переходят к установке стеновых панелей. Монтаж панелей метантенков массой 13,8 т и высотой 8,4 м ведут гусеничным краном (типа МКГ-25) и длиной стрелы 12,5 с гуськом (см рис. 15.16), делая в процессе движения вокруг сооружения шесть стоянок.

Произведя выверку стеновых панелей, их рихтовку и окончательное закрепление сваркой закладных деталей, переходят к монтажу плит покрытия, имеющих в плане трапецидальную форму (рис. 15.16, II-II). Их монтируют тем же гусеничным краном с гуськом, но оборудованным стрелой 17,5 м. Для удобства монтажа в целях временного опирания плит в центре

(до установки центрального опорного кольца) применяют специальную металлическую трубчатую инвентарную эстакаду с подмостями. Иногда вместо такой эстакады используют инвентарную трубчатую стойку с консольной опорой вверх. При этом, чтобы не произошло перекоса и возможного обрушения плит их следует для более симметричного нагружения стойки устанавливать симметрично с двух сторон.

**Монтаж башенных градирен.** Пример смонтированной из сборных элементов градирни показан на рис. 15.17, а.

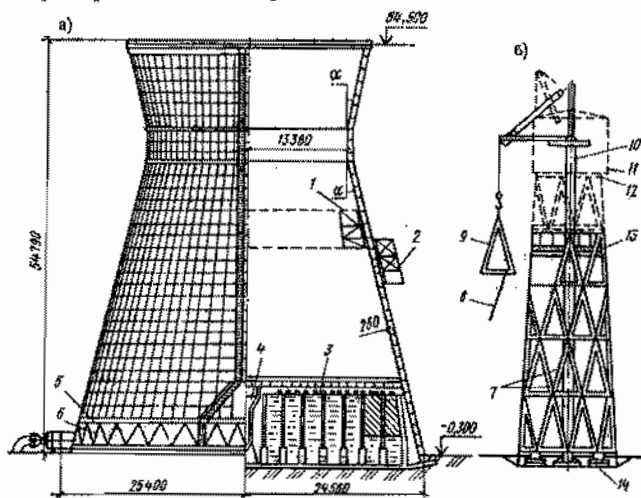


Рис. 15.17. Монтаж градирни (а) и водонапорной башни (б): 1, 2 - внутренняя и наружная шаблоны-люльки; 3 - ороситель; 4 - распределительный резервуар; 5 - монолитный пояс; 6 - раскосные стойки; 7 - треугольные элементы опоры башни; 8 - оттяжка; 9 - поднимаемый треугольный элемент; 10 - монтажный кран-укосина; 11 - металлический резервуар; 12 - элементы горизонтальной площадки; 13 - кольцевой шаблон-подмости; 14 - фундамент

При монтаже сборных железобетонных оболочек градирен разных очертаний на практике используют в основном следующие два способа работ: монтаж с помощью передвижной опалубки и сплошных инвентарных трубчатых лесов с применением подъемников для подачи материалов и монтаж с использованием подъемной опалубки без лесов с помощью центральной мачты с вращающимся горизонтальным подъемным мостом. Монтаж оболочки рассматриваемой градирни из трапециевидных ребристых панелей выполняли с применением инвентарного внутреннего кольца жесткости, составленного из однотипных шаблонов-люлек. Кольцо жесткости для монтажа первого яруса плит было составлено из 40 шаблонов-люлек. К монтажу панелей оболочки приступали после установки и закрепления кольца жесткости. Каждая устанавливаемая краном панель верхней своей частью опиралась на шаблон-люльку и приваривалась в четырех точках к установленным ранее панелям, после чего снималась с крюков крана. Окончательную заделку стыков изнутри проводили с помощью навесных лестниц, а снаружи – с навесных люлек.

**Монтаж водонапорных башен** часто ведут из железобетонных треугольных элементов (рис. 15.17, б), монтируемых кольцевыми рядами и образующих после установки многоярусную сетчатую оболочку. Нижние треугольные элементы при монтаже раздвигают в узлах на заданный проектом размер; в каждом последующем ярусе этот размер уменьшают, в результате чего обеспечивается коническая форма ствола башни. Соединяют такие элементы сваркой закладных деталей, затем замоноличивают. Верхний ярус установленных элементов перекрывают железобетонными вкладышами, на которые опирается резервуар башни. Устойчивость каждого треугольного элемента в процессе монтажа обеспечивают применением кольцевого шаблона.

### 15.6. Особенности возведения сооружений из монолитного бетона

При возведении из монолитного железобетона сооружений систем водоснабжения и водоотведения наиболее сложными и трудоемкими для производства работ являются многочисленные емкостные сооружения прямоугольной и круглой (в плане) формы, в которых происходят основные технологические процессы по очистке природных и сточных вод. К ним относятся отстойники, фильтры, резервуары, аэротенки, биофильтры и др. Трудность бетонирования подобных сооружений заключается в том, что при бетонировании основных конструктивных элементов - днищ, стен, перегородок необходимо обеспечить не только их устойчивость и прочность, но, главное, морозостойкость и водонепроницаемость. В свою очередь трудоемкость бетонирования стен емкостей связана с тем, что толщина этих стен незначительна (20 - 40 см), а высота достигает 5 - 7 м. В круглых сооружениях трудоемкость бетонирования стен увеличивается за счет необходимости придания им криволинейной круглой формы, и, кроме того, навивкой на них кольцевой преднатянутой арматуры (для придания стенам необходимой трещиностойкости и водонепроницаемости).

К бетонированию днищ резервуаров и других емкостных сооружений (независимо от формы в плане) приступают после устройства щебеночной и бетонной подготовки.

**Устройство щебеночной и бетонной подготовки.** Способы и схемы выполнения этих процессов выбирают в зависимости от общих габаритов сооружения в плане, плотности грунта в основании и наличия грунтовых вод. При плотных грунтах основания щебень и бетон в котлован доставляют автосамосвалами непосредственно в рабочую зону (рис. 15.18, а) и разравнивают его специальными разравнивателями, смонтированными на экскаваторе. В слабых грунтах, когда заезд в котлован невозможен или размеры сооружения в плане невелики, для подачи щебня и бетонной смеси применяют виброжелоба, загружаемые непосредственно из самосвалов (рис. 15.18, б). Бетон также подают стреловыми кранами в бадах, загружаемых смесью на заводе и доставляемых в автомобилях (рис. 15.18, в) или на объекте с доставкой смеси автосамосвалами. Используют для этих целей и ленточные бетоноукладчики (рис. 15.18, г - е). Бетоноукладчиком, передвигающимся по берме котлована, подают смесь на полосу шириной до 20 м с каждой стороны, разравнивают и уплотняют ее. Бетонные подготовки сооружений больших площадей (под горизонтальные отстойники, аэротенки и

др.) устраивают с помощью автобетоноукладчиков или автобетононасосов (см. рис. 15.19, в), работающих с бермы котлована и укладывающих бетонную смесь в подготовку полосами шириной по 5 – 6 м.

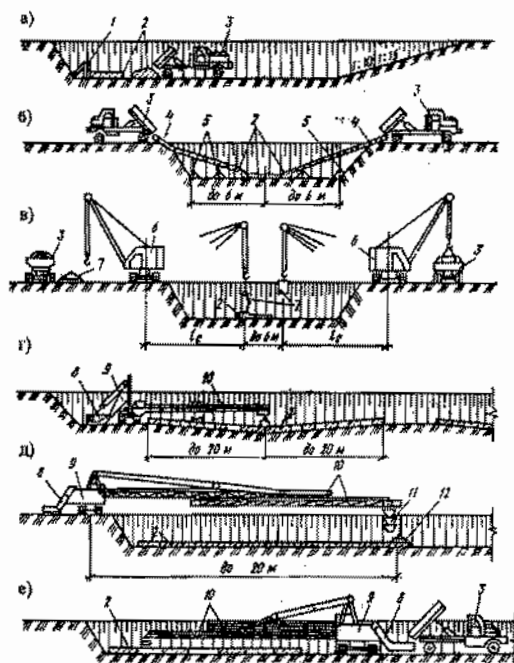


Рис. 15.18. Схема устройства щебеночной и бетонной подготовки под днища емкостных сооружений: 1 - опалубка; 2 - щебень или бетонная смесь; 3 - автосамосвал; 4 - виброжелоб; 5 - опоры; 6 - кран; 7 - бады; 8 - скиповый подъемник; 9 - бетоноукладчик; 10 - конвейер; 11 - хобот; 12 - вибратор

При устройстве бетонных подготовок (как затем и бетоиного днища) применяют бетононасосные установки производительностью 5 – 40 м<sup>3</sup>/ч с радиусом действия до 300 м. Смесь такой установкой укладывают отдельными полосами шириной 6 м, параллелью одной из сторон сооружения или «в елочку» (рис. 15.19, а). Однако более эффективным для устройства подготовки (как и днища) является применение автобетононасосов с трубчатой сочлененной стрелой (рис. 15.19, б); с одной стоянки можно укладывать смесь на площади радиусом до 23 м. В цилиндрических сооружениях полосы бетоинирования разграничивают по хордам основания последовательно или через одну (рис. 15.19, в).

**Бетоинирование днища.** Перед бетоинированием днища устраивают выравнивающую цементную стяжку и гидроизоляцию, после чего укладывают защитную стяжку, устанавливают опалубку, раскладывают арматуру и укладывают бетон в днище. Защитную стяжку поверх гидроизоляционного покрытия устраивают из цементно-песчаного раствора толщиной 2,5 – 3 см или асфальта толщиной до 5 см. Уплотняют цементную стяжку виброрейка-



ми по маячным рейкам, укладываемым на расстоянии 2 – 3 м одна от другой, а асфальтовую – поверхностными вибраторами или легкими катками.

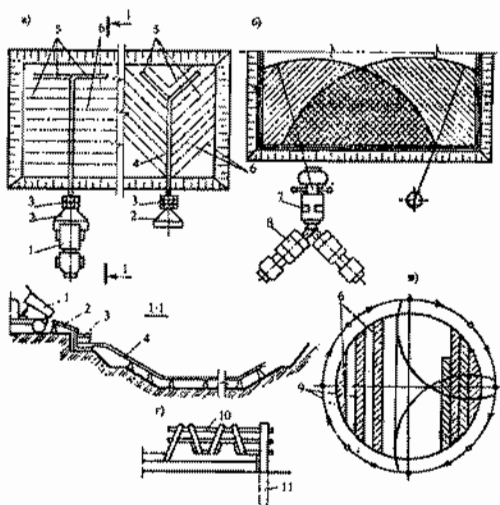


Рис. 15.19. Схема укладки бетонной смеси бетононасосами и устройства опалубки дна: 1 - автосамосвал; 2 - вибробункер; 3 - бетононасос; 4 - бетоновод; 5 - места укладки бетононасосов в процессе бетонирования; 6 - рабочие швы в бетоне; 7 - автобетононасос; 8 - автобетоносмеситель; 9 - забетонированные полосы; 10 - ригель; 11 - свая

Опалубка дна обычно включает в себя опалубку по наружному периметру дна, при сборных стенах сооружений опалубку пазов – гнезд (рис. 15.19, г) и опалубку прямиков. Опалубку устраивают из заранее изготовленных щитов или отдельных опалубочных блоков, что особенно целесообразно при сложной форме дна сооружений.

Арматуру дна монтируют из арматурных сеток, каркасов или отдельных стержней. В цилиндрических сооружениях дна делят концентрическими окружностями, которые затем дополнительно делят на секторы трапециевидной формы (рис. 15.20, а). По размерам этих секторов изготавливают арматурные каркасы, размеры которых соответствуют габаритам транспортных средств. Для армирования дна используют также арматурные сетки из стержней диаметром 5 – 8 мм (в зависимости от размера дна сооружения), которые свертывают в рулоны. На объекте рулоны разворачивают, вытягивают и укладывают в проектное положение. Для прямоугольных сооружений применяют арматурные сетки и каркасы размерами, кратными размерам секций или захваток (рис. 15.20, б). В прямоугольных сооружениях небольших размеров отдельная установка опалубки, арматуры и укладка бетонной смеси последовательными потоками часто бывает затруднительна. Поэтому в таких случаях эти процессы выполняют одним потоком с применением одного или двух кранов, передвигающихся по уложенным деревянным щитам или железобетонным плитам (рис. 15.20, в). Работы при этом ведут последовательными полосами или чаще через полосу (рис. 15.20, г). За первый проход краном укладывают арматурные сетки или каркасы для полосы шириной 2 – 4 м, а за второй – бетонную смесь. При движении крана в обратном направлении перекладывают дорожные плиты в новое положение (для бетонирования следующей полосы) и одновременно

но переставляют опалубку с первой полосы на вторую или устанавливают ее заново.

Укладка бетона в днище возможна различными способами и, в частности, теми же, что и бетонирование подготовки, рассмотренными выше (см. рис. 15.18, 15.19). Однако производство бетонных работ при этом несколько усложняется наличием арматуры, когда укладывать смесь в днище непосредственно из транспортных средств невозможно, и поэтому приме-

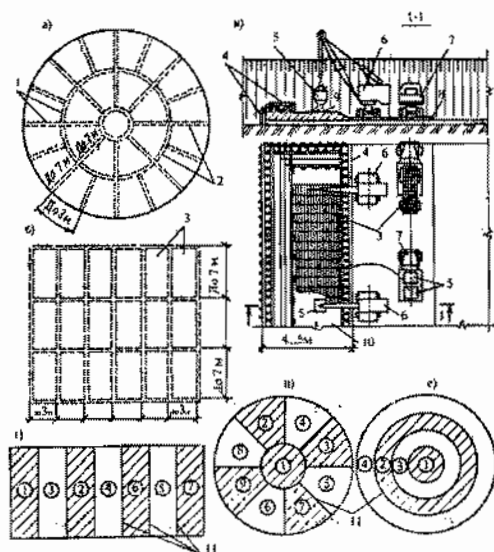


Рис. 15.20. Схемы организации работ при устройстве днища емкостных сооружений: 1 - контуры каркасов; 2 - нахлестка арматурных каркасов; 3 - сетки в виде рулонов; 4 - опалубка; 5 - бады; 6 - кран; 7 - автомобили, доставляющие арматурные каркасы и бады с бетоном; 8 - временный настил для проезда кранов и транспорта; 9 - укладка бетона; 10 - забетонированное днище; 11 - рабочие швы, места установки опалубочных досок (цифры в кружках указывают последовательность бетонирования)

няют дистанционные способы с использованием виброжелобов, бадей, а также бетононасосных установок. Пример устройства днища с подачей бетона бадьями приведен на рис. 15.20. Как и при устройстве подготовки, при бетонировании днища бетононасосными установками требуются частые перекладки бетонопроводов, что в целом снижает эффективность этого способа. Поэтому более эффективным для бетонирования днищ является применение конвейерных бетоноукладчиков (см. рис. 15.18, г, д, е). Двигаясь по берме котлована, они укладывают смесь в днище полосой до 20 м с каждой стороны. При бетонировании днищ особо больших размеров (горизонтальных отстойников, аэротенков и др.) применяют схемы работ с передвижением бетоноукладчика по дну котлована и с укладкой смеси полосами шириной 5 -- 6 м при общей ширине захватки до 20 м (см. рис. 15.18, е). Для бетонирования днища эффективно также применение автобетоноукладчиков (см. рис. 4.9, б). Стрелы таких полиповоротных бетоноукладчиков, состоящие из двух или трех секций (звеньев), соединенных шарнирно между собой, позволяют подавать смесь в любую точку в пределах радиуса действия стрелы. Применение их является весьма эффективным, так как не требуется заезд на днище машин и механизмов и прокладка бетонопроводов.

Для эффективной организации процесса укладки смеси в днище его разбивают на полосы бетонирования с соответствующей установкой опалуб-

ки и укладки арматуры, с соблюдением последовательности поточного выполнения процессов на захватках. При относительно малых размерах сооружений — до 28 — 30 м (прямоугольных или цилиндрических в плане) смесь укладывают полосами или концентрическими кольцами шириной 2 — 4 м последовательно и непрерывно до полного завершения. При больших размерах сооружений в плане укладку ведут через полосу (см. рис. 15.20, г, е) с последующим заполнением оставленных промежутков. Бетонирование днищ больших размеров в плане ведут совмещенным способом при перемещении машины, выполняющей процессы, на днище по специально выстилаемым деревянным щитам или железобетонным плитам — ходам-проездам. При этом работы выполняют последовательными полосами, укладывая одновременно арматуру и бетонную смесь (см. рис. 15.20, в), причем в первый проход крана укладывают арматурные сетки и каркасы для полосы шириной 3 — 4 м, а во второй — смесь. При устройстве бетонных подготовок и днищ емкостных сооружений перспективными являются установки для пневмонабрызга бетонной смеси (см. рис. 4.10, б). При этом по шлангам с помощью сжатого воздуха подают сухую бетонную смесь, которую на выходе из концевой сопла смешивают с водой. Бетоиная смесь выбрасывается с большой скоростью (до 120 м/ч), благодаря чему образуется при укладке очень плотный слой бетона, не требующий дополнительного уплотнения. Для выполнения набрызг-бетонных работ применяют специальный комплект машины (см. рис. 4.10), главной из которых является бетон-шприц-машина.

При бетонировании днищ цилиндрических сооружений вначале устраивают бетонные выступы, необходимые для установки стеновых панелей, а затем бетонируют днище. При этом, выгрузив смесь в скип бетоноукладчика и перегрузив ее в бункер, транспортером подают смесь в опалубку выступов. Заполнив участок опалубки до необходимого уровня, подачу смеси прекращают и приступают к ее уплотнению. В заключение заглаживают открытые поверхности выступов стальными гладилками. Днище радиального отстойника бетонируют с помощью бетоноукладчика, транспортером которого смесь подают к месту укладки, где разравнивают до получения ровного слоя на 3 — 5 мм выше бетонных маяков. Уплотняют бетон днища поверхностным вибратором.

Наиболее трудоемким при возведении монолитных емкостных сооружений (резервуаров, отстойников, фильтров, аэротенков и др.) является бетонирование их стен, имеющих часто переменную толщину (200 — 500 мм) и высоту (до 5 — 7 м).

**Бетонирование стен емкостных сооружений в щитовой опалубке.** При возведении емкостных водопроводных сооружений из монолитного бетона процесс бетонирования их стен является наиболее сложным и трудоемким, еще и потому, что требование обеспечения герметичности (водонепроницаемости) емкости может быть обеспечено только при условии достижения достаточной плотности бетона в конструкциях, что в свою очередь достигается непрерывным бетонированием стен, т.е. при условии укладки слоев бетонной смеси с интервалами, не превышающими срока их схватывания.

При бетонировании стен в щитовой переставной или стационарной опалубке (рис. 15.21) их делят на ярусы бетонирования высотой 1 — 1,2 м и 366

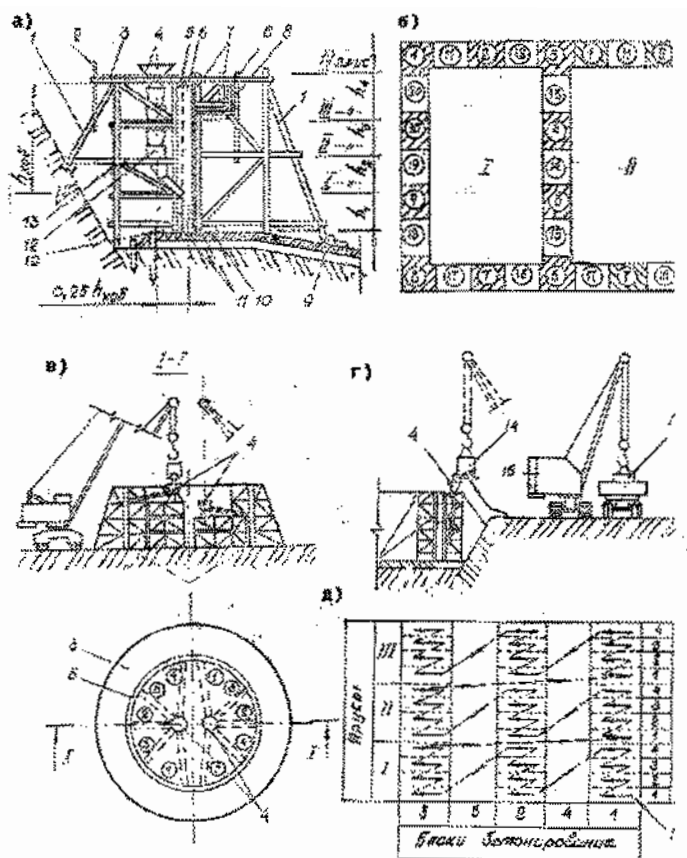


Рис. 15.21. Бетонирование стен емкостных сооружений в щитовой опалубке: а - общая схема бетонирования стены и разбивка ее на ярусы; б - разбивка стен на захватки (римские цифры) и блоки бетонирования (арабские цифры); в, г - подача бетонной смеси бадьями с помощью крана; д - последовательность установки опалубки и укладки бетона; 1 - подкос; 2 - ограждение; 3 - рабочий настил; 4 - приемный бункер; 5 - границы щитов опалубки; 6 - бетонизируемые конструкции; 7, 8 - опалубка лотка и ее каркас; 9 - упор; 10 - прижимная доска; 11 - ребра жесткости; 12 - хобот звеньевой; 13 - опора подмостей; 14 - вибробадья; 15 - кран; цифрами в кружках указана последовательность бетонирования стен;  $h_1 - h_4$  - высоты ярусов

блоки бетонирования (рис. 15.21, б, д), устанавливают опалубку с внутренней или наружной стороны и арматурный каркас на всю высоту сооружения. Далее, установив на высоту одного яруса опалубку, с другой стороны стены укладывают бетонную смесь (рис. 15.21, в, г), а затем, наращивая опалубку, укладывают ее во все остальные ярусы. Смесь укладывают слоями 20 – 25 см с интервалами, не превышающими 1,5 – 2 ч (в соответствии с временем ее схватывания). Процесс укладки смеси при этом чередуется с процессом наращивания опалубки (рис. 15.21, д).

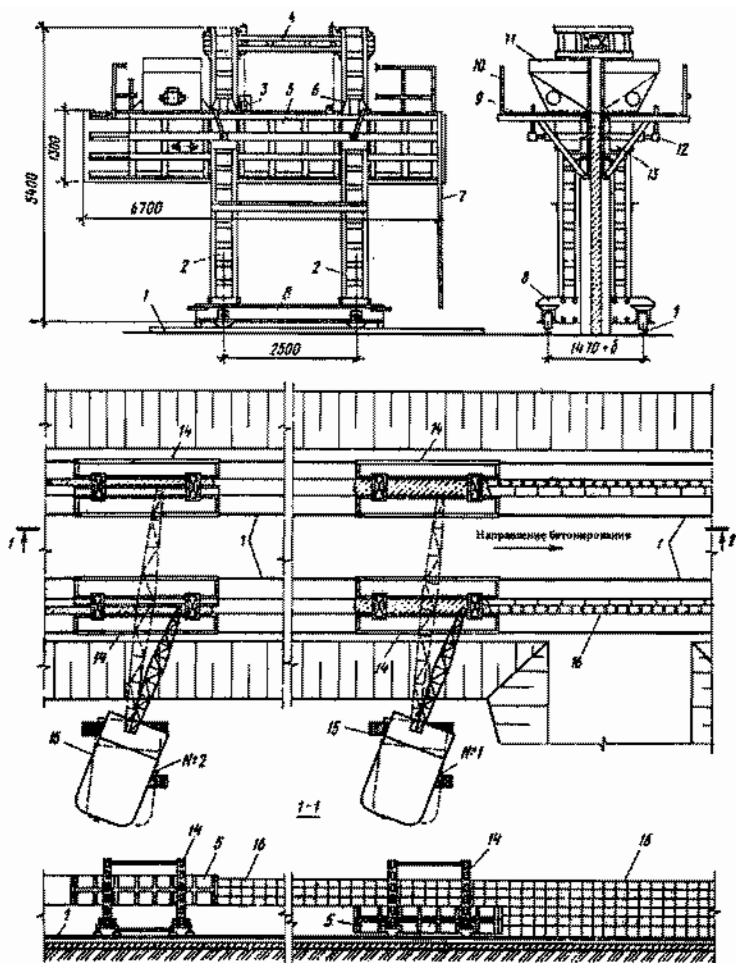


Рис. 15.22. Бетонирование стен прямоугольного отстойника с помощью горизонтально скользящей опалубки: а - схема опалубки; б - технологическая схема бетонирования стен; 1 - рельсовый путь; 2 - стойка; 3 - лебедка подъема щитов; 4 - балка; 5 - щиты опалубки; 6 - фиксаторы; 7 - лестница; 8 - тележка опалубки; 9 - рабочий настил; 10 - ограждение; 11 - бункер; 12 - прижимное устройство; 13 - ползуны; 14 - агрегаты опалубки; 15 - краны; 16 - арматурные сетки

Такой порядок бетонирования применим для сооружений, не имеющих покрытий (аэротенки, радиальные отстойники, фильтры и др.). В сооружениях с покрытиями (резервуары чистой воды и др.) перед бетонированием наружных стен возводят монолитные (или сборные) железобетонные конструкции внутри сооружения – колоины, перегородки и опирающуюся на них часть покрытия.

В последние годы для подачи и укладки бетонной смеси в опалубку стен часто используют автобетононасосы (АБН) с шарнирно-сочлененной стрелой, что облегчает и ускоряет бетонирование стен.

**Бетонирование стен в катучей и горизонтально скользящей опалубке.** Основным недостатком применения катучей опалубки для бетонирования стен сооружений является необходимость перерывов (для набора смесью распалубочной прочности), что замедляет темпы бетонных работ и повышает их трудоемкость. Поэтому более эффективной является горизонтально скользящая опалубка, сконструированная в виде инвентарного передвижающегося по рельсам агрегата (рис. 15.22, а), позволяющей непрерывно бетонировать стены сооружений в процессе поступательного движения опалубки. Такая опалубка представляет собой агрегат непрерывного действия, который формирует стены, заменяет леса и подмости и одновременно служит постоянным рабочим местом для бетонщиков. Конструкция его позволяет производить перемещение опалубочных щитов вдоль оси стены, поднимать щиты для поярусного ее бетонирования, регулировать уклон ее поверхности и отделять щиты от бетона с последующей установкой их в новое проектное положение. В основу технологии и конструкции горизонтально скользящей опалубки положены принципы непрерывности и поточности процесса бетонирования стены горизонтальными ярусами в непрерывно скользящих щитах.

С помощью агрегата опалубки можно бетонировать стены прямоугольных сооружений практически любой длины. В последние годы разработана и внедрена новая конструкция самоходной универсальной горизонтально скользящей опалубки, пригодной для возведения стен как прямоугольных, так и цилиндрических сооружений при радиусах кривизны 9 – 48 м и высоте стен до 8 м. Специфической особенностью этой опалубки является применение щитов криволинейной формы, а также криволинейных рельсовых путей.

**Бетонирование стен прямоугольных сооружений.** Перед бетонированием горизонтально скользящую опалубку приводят в рабочее положение, щиты опалубки устанавливают в проектное положение. Технологическая схема бетонирования стен отстойника в горизонтально скользящей опалубке приведена на рис. 15.22. Для бетонирования применяют малоподвижные бетонные смеси с осадкой конуса 0 – 2 см при водоцементном отношении В/Ц = 0,45 ... 0,55. Бетонирование стен ведут поярусно в непрерывно скользящих щитах. При этом высота первого яруса равна высоте опалубочных щитов. Смесь в опалубке уплотняют вибраторами, установленными на щитах. Необходимое качество монолитных стен при этом в значительной мере обеспечивают правильным выбором скорости передвижения агрегата опалубки, которая обуславливается сроком достижения минимальной прочности бетона, достаточной для освобождения его из опалубки. Обычно она принимается 4 – 8 м/ч, а при использовании ускорителей твердения бетона – до 10 – 12 м/ч.

**Бетонирование стен цилиндрических сооружений** осуществляют в универсальной горизонтально скользящей опалубке. Рельсовый путь для передвижения опалубки выгибают в соответствии с радиусом бетонлируемой стены. При этом внутренний рельс укладывают и крепят к закладным

деталю и штырям непосредственно на бетонном днище, а наружный – к деревянным шпалам. После бетонирования стены штыри креплений срезают, а рельсы вместе с подкладками демонтируют для повторного применения на другом сооружении. Агрегат опалубки монтируют краном из отдельных укрупненных узлов.

После монтажа арматурных каркасов стены и подготовки рабочего шва у днища начинают поярусное бетонирование стены. Общая схема бетонирования стены цилиндрического сооружения агрегатом опалубки представлена на рис. 15.23. Смесь укладывают непрерывно на всю высоту яруса. Причем верхний уровень укладываемой смеси должен быть ниже верха щитов на 5 – 7 см. Смесь уплотняют наружными или внутренними вибраторами. Скорость передвижения агрегата, опалубки в процессе бетонирования (время выдерживания бетона в опалубочных щитах) принимают такой, чтобы прочность бетона, выходящего из опалубки, составляла не менее 0,1 МПа; ее определяют опытным путем. Завершив бетонирование стен сооружения, агрегат опалубки разбирают на укрупненные узлы и переставляют на рельсовые пути другого бетонизируемого сооружения.

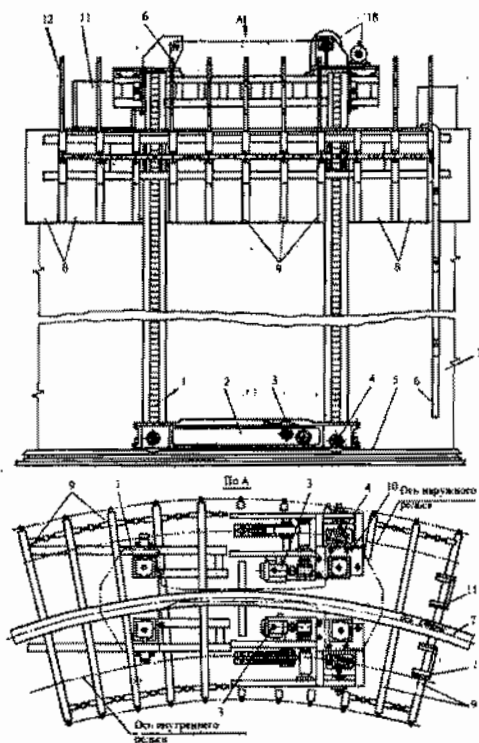
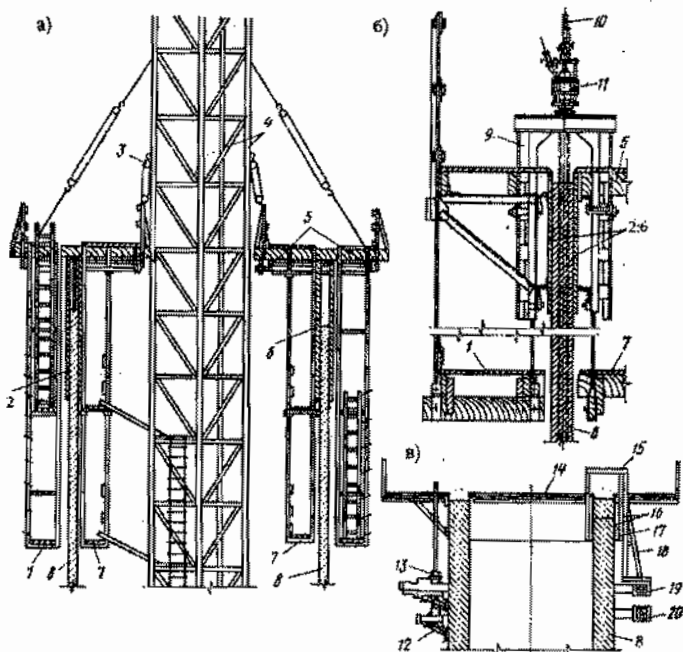


Рис. 15.23. Бетонирование стен цилиндрических емкостных сооружений в универсальной горизонтально скользящей опалубке: 1 - стойки; 2 - рама; 3 - привод самоходной тележки; 4 - колеса; 5 - рельсовый путь; 6 - лестница; 7 - бетонизируемая стена сооружения; 8 - щиты опалубки; 9 - детали крепления щитов; 10 - механизм подъема щитов опалубки; 11 - лоток для приема бетонной смеси; 12 - ограждение подмостей

## 15.7. Бетонирование стволов водонапорных башен и оболочек градирен

Стены этих сооружений ввиду значительной высоты, относительно малой толщины, а иногда сложной формы возводят специальными методами бетонирования с использованием специальных видов подъемно-переставной и вертикально скользящей опалубки.

**Бетонирование стен стволов круглых водонапорных башен.** Процесс бетонирования стен в подъемно-переставной опалубке представлен на рис. 15.24, а. Опалубку переставляют вверх по мере бетонирования с помо-



**Рис. 15.24. Бетонирование стен ствола водонапорной башни:** 1, 7 - наружные и внутренние подвесные подмости; 2, 6 - щиты наружной и внутренней опалубки; 3 - ручные тали для подъема опалубки; 4 - шахтоподъемник; 5 - опорная кольцевая ферма с рабочей площадкой; 8 - стены возводимого сооружения; 9 - домкратная рама; 10 - домкратный стержень; 11 - домкрат; 12 - цапговые зажимы; 13 - винтовые подъемники; 14 - рабочая площадка; 15 - П-образные рамы; 16 - щиты внутренней и наружной опалубки; 17 - кружала; 18 - опорные стойки; 19, 20 - верхние и нижние опорные кольца

щью специальной подъемной головки на каркасе шахтного подъемника после того, как бетон приобретает прочность, достаточную для распалубливания. При подъеме опалубку переставляют поярусно отдельными щитами. Опорной конструкцией опалубки служит шахтный подъемник, устанавливаемый в центре ствола. Стены башен высотой более 15 м и толщиной более 120 мм при постоянном поперечном сечении сооружения в плане часто



возводят в скользящей опалубке (рис. 15.24, б). По мере бетонирования стен опалубку поднимают с помощью гидравлических или электрических домкратов, установленных по периметру опалубки на стержнях через 1,5 – 2 м. Арматуру и бетонную смесь для возведения стен подают вверх с помощью шахтного подъемника. Стены башен постоянного сечения возводят в скользящих опалубках, а стены с наклоном (с конусностью) – в подъемно-переставных.

В последние годы для возведения стен стволов башен разработана новая конструкция вертикально скользящей опалубки, не требующей для своего подъема специальных домкратных стержней (см. рис. 4.2, в). Подъем такой опалубки (см. рис. 15.24, в) обеспечивают специальным устройством для опирания на ранее отформованную часть бетонной стены путем двустороннего ее обжатия выдвигаемыми или самозаклинняющимися звеньями. Движение опалубки по вертикали осуществляют с помощью двухсекционного подъемного механизма шагающего действия. Звенья опорно-подъемного устройства расположены на расстоянии 6 – 6,5 м друг от друга и соединяются кружалами, к которым крепятся блоки щитов опалубки. В процессе возведения стен опалубку удерживают с помощью наружной опорной рамы, а щиты опалубки вместе с кружалами поднимают вверх с помощью ригеля подъемной рамы, винта и привода. С помощью этой опалубки можно возводить стены как постоянного, так и переменного поперечного сечения в плане, в том числе конических и сооруженный двойкой кривизны (типа гиперболических оболочек градирен), изменяя площадь щитов опалубки и угол наклона. Укладку бетонной смеси ведут непрерывно и послойно (толщина слоя не менее 25 см) по всему периметру стен. Щиты опалубки поднимают со скоростью 0,3 м/ч и с шагом 0,8 м.

**Бетонирование оболочек градирен** осуществляют с помощью специального двухкоисольного крана (рис. 15.25, а), состоящего из центральной мачты и подъемного моста с телескопическим устройством, позволяющим изменять его длину. В конце моста с двух сторон расположены подмости-люльки шарнирной конструкции длиной 8 м. По мере возведения оболочки, люлькам придают положение, соответствующее наклону стен. Башню агрегата перед бетонированием очередного яруса подрачивают путем установки вставки на высоту 1,2 м (соответственно высоте щита).

На схеме (рис. 15.25, б) показан пример бетонирования оболочки градирни специальным однокоисольным краном, оборудованным подвесными подмостями-люльками для производства бетонных работ на высоте. Основание башни крана опирается на тележки для перемещения его по кольцевому пути.

Оболочку градирни бетонруют также в подъемно-переставной опалубке с применением двухкоисольного башенного агрегата на двух противоположных захватках (рис. 15.26, а). Стену бетонруют ярусами высотой 1,25 м. Симметрично расположенные стрелы крана снабжены подвесными подмостями-люльками для производства бетонных работ на высоте (рис. 15.26, б). Каждый ярус оболочки бетонруют горизонтальными слоями толщиной 25 см захватками длиной, равной длине люльки (7 – 8 м). Каждый слой перекрывают до начала схватывания бетона в нижележащем слое, учи-

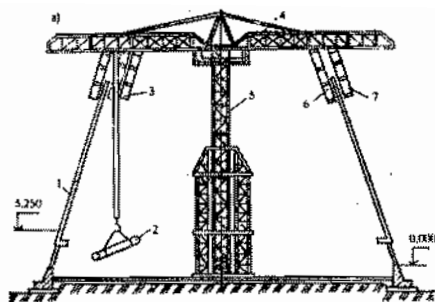


Рис. 15.25. Способы бетонирования градирен: 1 - оболочка (стенка) градирни; 2 - подача арматуры; 3 - положение внутренней люльки при подаче арматуры; 4 - стрела (консоль) крана; 5 - башня агрегата (крана); 6, 7 - соответственно внутренняя и наружная люльки; 8 - положение консоли крана и подвесных люлек при бетонировании нижних ярусов оболочки; 9 - стреловый кран; 10 - автопогрузчик; 11 - вибробункер; 12 - навес; 13 - автосамосвал

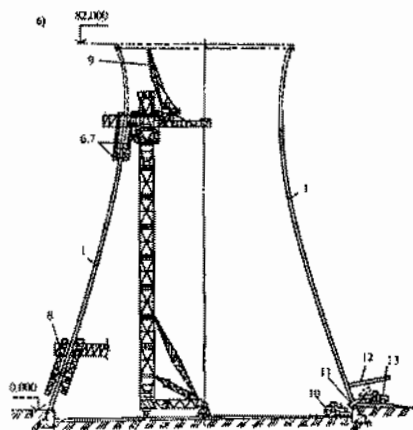
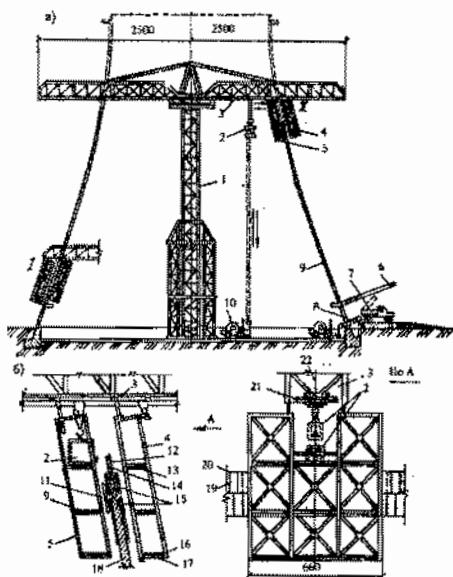


Рис. 15.26. Схема бетонирования оболочки градирен с применением двухконсольного крана: I, II - положение люлек соответственно при бетонировании нижних и верхних ярусов; 1 - башня крана; 2 - вибробадья вместимостью  $0,75 \text{ м}^3$ ; 3 - стрела; 4, 5 - наружная и внутренняя люлька; 6 - защитный навес; 7 - автосамосвал; 8 - вибробункер; 9 - средний настил; 10 - автопогрузчик; 11 - направляющая штанга; 12 - лоток; 13 - верхний настил; 14 - армокаркас; 15 - шиты опалубки; 16 - нижний настил; 17 - прогоны настила; 18 - оболочка градирни; 19 - бетонлируемый ярус в подъемно-переставной опалубке; 20 - верх щитов опалубки; 21 - грузовая каретка; 22 - ось стрелы крана



тывая время бетонирования одного слоя. После окончания бетонирования оболочки и ее твердения торкретируют внутреннюю поверхность оболочки. Торкрет наносят двумя-тремя слоями при общей их толщине до 30 мм. Каждый последующий слой наносят после схватывания предыдущего. Сопло направляют перпендикулярно торкретируемой поверхности.

### **15.8. Сварка и замоноличивание стыков между сборными элементами сооружений, их гидравлическое испытание**

Эксплуатационная надежность и стронтельная прочность смонтированных конструкций сооружений в значительной мере зависят от качества сварки и замоноличивания стыков между элементами.

**Сварка арматурных выпусков и закладных деталей.** Наиболее распространенными видами сварочных соединений арматуры при монтаже железобетонных конструкций являются *стыковые* (соединение стержней), *крестовые* (стержня со стержнем или с пластиной) и *нахлесточные* (пластины с пластиной). В условиях монтажа их чаще выполняют дуговой или термитной сваркой с принудительным или свободным формованием шва и применением электродной проволоки или штучных электродов. Выполняемые при монтаже емкостных сооружений сварные швы всех видов должны обеспечивать равнопрочное соединение стыкуемых элементов. Арматуру с закладными деталями панелей чаще всего соединяют ручной дуговой сваркой внахлестку двусторонним швом. Соединение стержней между собой выполняют также ручной дуговой сваркой, внахлестку, но односторонним швом. При сварке стержней разного диаметра длину, ширину и высоту швов принимают по мсйшему из диаметров.

**Защиту закладных деталей и арматурных выпусков от коррозии** в процессе монтажа конструкций чаще всего выполняют методом газопламенного напыления не позднее чем через три дня после окончания сварочных работ. При более длительном перерыве на сварных соединениях появляются оксидные пленки, налеты ржавчины, удалить которые очень трудно. При газопламенном нанесении защитных покрытий используют порошки цинка ияя его пылевые отходы, а для нанесения комбинированных покрытий (лакокрасочных по металлическому подслою) — порошки полиэтилена и др. Перед нанесением покрытий поверхности зачищают до металлического блеска стальными щетками и удаляют сварочный шлак. Для газопламенного напыления защитных цинковых, цинково-алюминиевых покрытий в условиях строительства применяют универсальные передвижные агрегаты УПАГ-1 или УПАГ-2.

**Технология замоноличивания стыков.** В емкостных сооружениях ввиду повышенных требований в отношении прочности и водонепроницаемости надежное скрепление сборных элементов и качественная заделка (замоноличивание) их стыков имеют первостепенное значение. Для заделки стыков применяют бетонные смеси и растворы, приготовленные на быстротвердеющих цементах или поргландцементях марки не ниже 400. Растворные и бетонные смеси, подаваемые в стыки растворонасосами или пневмонагнетателями на расстояние более 40 м, должны удовлетворять спе-

циальным требованиям, обеспечивающим их транспортирование по трубам без образования пробок, должны иметь устойчивую структуру и не расслаиваться.

Замоноличивание стыков бетоном или раствором производят монтажными, ведущие установку конструкций, после выверки элементов, приемки сварных соединений и антикоррозийной защиты металлических деталей. Непосредственно перед замоноличиванием проверяют правильность и надежность установки опалубки, подмостей и других устройств и очищают стыкуемые поверхности. Подачу бетона или раствора производят механизированным способом путем их нагнетания бетоно- или растворонасосами. Иногда эти работы можно выполнять с использованием хоботов для подачи смеси и вибраторов для ее уплотнения. При механизированном способе стыки замоноличивают цементно-песчаным раствором марки 300 с подачей раствора под давлением в нижнюю зону стыка (рис. 15.27). Герметичность

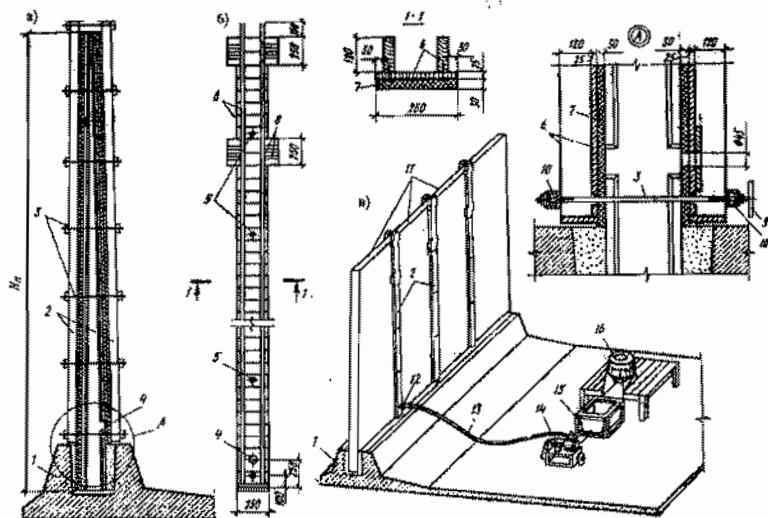


Рис. 15.27. Схемы замоноличивания стыков между стеновыми панелями и применяемые для этого устройства: 1 - паз монолитного дна; 2 - инвентарные опалубочные щиты; 3 - стяжные болты; 4 - отверстие для сопла; 5 - отверстия через 900 ... 1200 мм для стяжных болтов; 6 - доски; 7 - резина пористая; 8 - подкос; 9 - ручка; 10 - уголок 50x50x5 мм (спаренные); 11 - стеновые панели; 12 - сопло; 13 - шланг; 14 - растворонасос; 15 - приемный бункер; 16 - смеситель (передвижной)

стыка при этом обеспечивают применением специальной инвентарной щитовой опалубки с уплотнением ее резиной толщиной 30 мм (рис. 15.27, а, б). Перед установкой опалубки торцы панелей у стыков очищают от наплывов бетона. Опалубку в стыках крепят к панелям инвентарными болтами на расстоянии 0,9 - 1,2 м, причем один из болтов должен быть установлен ниже инъекционного отверстия. Каждый стык раствором заполняют в один прием, т.е. без перерыва в работе нагнетательной установки (рис. 15.27, в), до появления над верхней кромкой панелей раствора нормальной консистенции. После извлечения сопла в инъекционное отверстие вставляют пробку.

Стяжные болты через 1 – 1,5 ч после заполнения стыка поворачивают, чтобы нарушить их сцепление с раствором, а через 3 ч извлекают и снимают опалубку. Отверстия от болтов зачеканивают жестким раствором на расширяющемся цементе или портландцементе. В жаркое время года поверхность стыков и прилегающие участки стен панелей увлажняют в течение 3 сут.

При замоноличивании стыков панелей, установленных в паз днища, вначале заделывают горизонтальные стыки между панелями и выступами паза днища (рис. 15.28, а), а затем вертикальные стыки между самими пане-

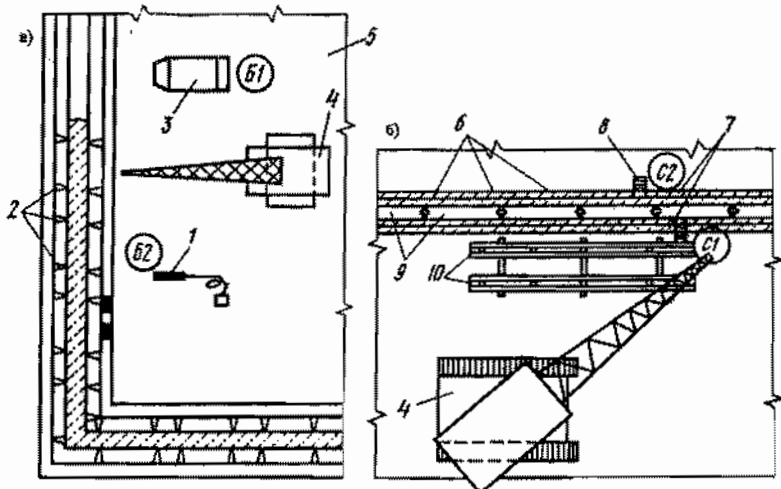
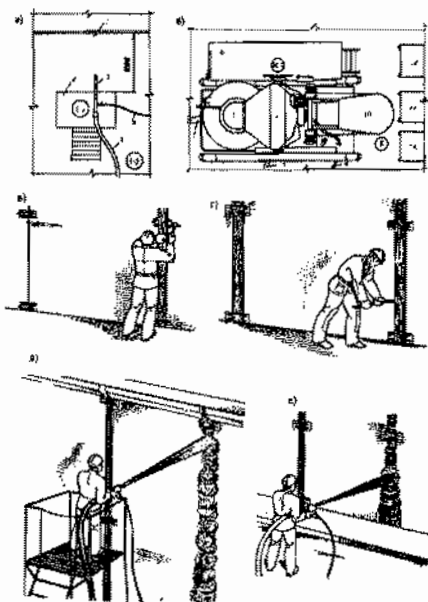


Рис. 15.28. Замоноличивание стыков между стеновыми панелями: 1 - вибратор; 2 - стальные клинья; 3 - бадья; 4 - гусеничный кран; 5 - днище сооружения; 6 - установленные щиты; 7 - устанавливаемые щиты; 8 - приставная лестница; 9 - панели стен; 10 - складирование щитов; Б1, Б2 - бетонщики; С1, С2 - слесари

лями. Выгрузив бетонную смесь в бадью и подав ее к месту укладки, заделывают стыки панелей в пазу непосредственно из бадьи открытием секторного затвора. Смесь укладывают с обеих сторон панели по 15 см и уплотняют вибратором до появления на поверхности бетона цементного молока. Забетонировав пазы с обеих сторон, открытые поверхности бетона сверху заглаживают стальными гладилками. После достижения бетоном 50%-ной проектной прочности выбивают стальные клинья, а отверстия заделывают бетонной смесью. Замоноличивание стыков ведут одновременно с монтажом панелей на параллельной захватке после временного крепления панели. Щиты опалубки для замоноличивания вертикальных стыков устанавливают краем (рис. 15.28, б) с подачей к стыку в полностью готовом виде. Комплект опалубки заводят щитами по обе стороны стыка и крепят ее к стыку панелей болтами. По достижении бетоном проектной прочности опалубку разбирают, для чего с помощью торцовых ключей ослабляют гайки на крепежных болтах вначале в нижней, а затем в верхней части опалубки, предварительно зацепив крюками стропа ее за петли. Затем отрывают опалубку от замоноличенного стыка, одновременно медленно поднимая ее краном.

**Заделка стыков панелей методом торкретирования (рис. 15.29)**  
возможна с помощью агрегатной установки, включающей торкрет-машину

Рис. 15.29. Схемы заделки стыков между панелями сборных сооружений методом торкретирования: а - организация рабочего места; б - агрегатная торкретная установка; в, г - устройство опалубки; д, е - нанесение торкрета в полость стыков; 1 - заделываемый стык; 2 - подмости инвентарные; 3 - сопло; 4 - шланг подачи воды; 5 - материалный рукав; 6 - рабочая площадка машиниста агрегатной установки; 7 - торкрет-машина; 8 - бетоно-смеситель; 9 - пневматический бак; 10 - загрузочный ковш; 11 - шланг подачи воздуха; 12 - ящик с отсевом; 13 - ящик с песком; 14 - цемент; М-1; Т-1 и Т-2 - рабочие места машиниста установки и торкретчиков



производительностью 4 м<sup>3</sup>/ч, бетоносмеситель, сниповый подъемник, пневматический бак для воды и др. (рис. 15.29, б). При этом операции выполняются в такой последовательности: устраивают опалубку со стороны закрытой части стыка, наполняют пневматический бак водой, запускают компрессорную установку и торкрет-машину, загружают ее песком и обеспечивают подачу в нее воздуха, прочищают сухим песком с последующей промывкой водяной струей бетонных поверхностей стыка, с которым будет сцепляться наносимый торкрет, заполняют ковш снипового подъемника составляющими торкретной смеси, запускают бетоносмеситель и высыплют в него составляющие, перемешивают сухую смесь и высыплют ее в работающую торкрет-машину, обеспечивают подачу сухой смеси и воды к соплу и по слою наносят торкрет в полость стыка (рис. 15.29, д, е).

Средняя толщина слоя торкрета, наносимого за один раз не должна превышать 80 мм. Каждый последующий слой наносят до затвердения предыдущего, примерно через 2 — 5 ч в зависимости от температуры наружного воздуха. Этот перерыв уточняется строительной лабораторией из условия, что под действием струи свежей смеси не должен разрушаться предыдущий слой торкрета. Одновременно при этом в процессе втапливания наносимого слоя в предыдущий должно обеспечиваться хорошее их сцепление и монолитность всего покрытия.

Непосредственно для нанесения торкрета в полости стыков торкретки Т-1 и Т-2, кроме агрегатной установки, должны также иметь компрес-

сору установку, респираторы, кельмы и гладилки. Команду торкретчикам о готовности установки к заделке стыков ее машинист подает после достижения давления воздуха в торкрет-машине 0,4 МПа, после чего он открывает доступ воды к соплу. Далее торкретчик Т-1 берет материальный рукав, занимает устойчивое положение, приоткрывает вентиль, перекрывающий доступ воды к соплу, и смачивает водой поверхности стыков, которые будут соприкасаться с торкретной смесью. Затем Т-1 подает команду М-1 открыть доступ смеси в сопло, Т-1 визуально регулирует необходимое количество воды путем пробного нанесения торкретной смеси. Правильно увлажненная торкретная масса имеет факел одинакового цвета, а поверхность торкрета — жирный блеск. При недостатке воды в смеси на поверхности появляются сухие пятна и полосы у места торкретирования образуется значительное количество пыли. Избыток воды приводит к оплыванию смеси и образованию мешков на поверхности. В процессе нанесения торкретной смеси Т-1 перемещает сопло вдоль стыка, держа его перпендикулярно к поверхности на расстоянии 0,8 — 1, м. Торкретную смесь в полость стыка наносят послойно при средней толщине слоя, наносимого за один раз, не более 80 мм. Поверхностный слой торкрета в стыках торкретки Т-1 и Т-2 заглаживают кельмами и металлическими гладилками.

Преимуществами описанной технологии заделки стыков между стеновыми панелями емкостных сооружений являются высокое качество стыков в отношении их прочности и водонепроницаемости, полная механизация операций, сравнительно низкая трудоемкость и себестоимость работ.

Герметизация стыков емкостных сооружений тиоколовыми герметиками необходима при устройстве стен с гибкими соединениями в углах, монтируемых из стеновых панелей без монолитных участков в углах и пересечениях. Тиоколовые герметики отличаются высокой деформативностью, хорошей адгезией к бетону, влаговоздухонепроницаемостью. Эти герметики могут применяться во всех канализационных сооружениях, в том числе предназначенных для жидкостей, содержащих щелочи и слабые кислоты (концентрацией до 10%), а также в сооружениях технологического водоснабжения. Гибкие угловые соединения стен сооружений могут быть двух типов: шпуночного и компенсаторного. Стык шпуночного типа выполняют путем залива его вертикального канала жидким тиоколовым герметиком, а компенсаторного типа — путем наклейки на бетонные поверхности лент из тиоколового герметика, армированного стеклотканью.

Водонепроницаемость и долговечность герметизируемых стыков во многом зависят от качества подготовки бетонных поверхностей, так как тиоколовые герметики имеют надежную адгезию только к сухим и чистым поверхностям. Поэтому поверхности стыкуемых элементов тщательно очищают. Для нанесения герметиков на поверхность панелей применяют ручной или пневматический шприц. При их отсутствии герметик наносят и разравнивают шпателем. Профильные тиоколовые ленты изготавливают за 8 — 10 дней до начала работ по герметизации стыков.

Гидравлические испытания сооружений производят в целях проверки прочности их конструкций и определения степени водонепроницаемости стен и днища, причем после завершения всех строительно-монтаж-

ных работ, за исключением оклеечной гидроизоляции и обратной засыпки, которые следует выполнять после испытания и устранения всех дефектов. Сооружение испытывают водой не ранее чем через 28 сут после окончания бетонных работ. При использовании быстротвердеющих цементов испытание может быть произведено и раньше, но при условии, что бетон в конструкциях к этому времени достиг проектной прочности.

Заполнять сооружение водой рекомендуется в два этапа: 1) на высоту 1 м и выдерживание в течение суток с целью испытания динща; 2) то же, заполнение до проектной отметки. Во время заполнения следят за уровнем воды и состоянием ограждающих конструкций, стыка стес с днищем, фундамента и грунта в основании сооружения. Испытание железобетонных емкостных сооружений на водонепроницаемость разрешается начинать не ранее 5 сут после их заполнения водой. Зная разность уровней и площадь зеркала воды в сооружении, вычисляют объем утечки воды из сооружения за единицу времени (например, за сутки). Удельная утечка, отнесенная к 1 м<sup>2</sup> смоченной его внутренней поверхности, л/м<sup>2</sup>,

$$q = (V_1 - V_2) / (F_{ст} + F_{д}),$$

где  $V_1$  – объем воды в сооружении (л) при первом замере, т.е. в начале испытания;  $V_2$  – то же, при втором замере, в конце испытания;  $F_{ст}$  – смоченная внутренняя поверхность стен сооружения, м<sup>2</sup>;  $F_{д}$  – то же, днища, м<sup>2</sup>.

Признается выдержавшим испытание сооружение (согласно СНиПу), если убыль в нем воды за сутки не превышает 3 л на 1 м<sup>2</sup> смоченной поверхности стен и днища; нет выхода струек воды через стеновые панели и особенно через стыки; температурные или деформационные швы не обнаруживают признаков течи и не обнаружено увлажнения грунта в основании. При испытаниях на наружных поверхностях сооружения допускаются только потемнения в отдельных местах. Если обнаружены струйные течи или потеки воды по стене, даже если количественно потерн воды не превышают установленной нормы, сооружение считается не выдержавшим испытание. Вода из такого сооружения (а также при значительном увлажнении грунта в основании) должна быть немедленно выпущена. Замеченные дефекты фиксируют и устраняют. Испытания сооружения после этого повторяют до тех пор, пока не будет обеспечена требуемая нормами степень водонепроницаемости.

Метантенки до сдачи в эксплуатацию после гидравлического испытания на водонепроницаемость проверяют еще на газонепроницаемость (герметичность). При этом уровень воды в метантенке должен быть на 15 см ниже обечайки горловины. Для проверки герметичности соединений под газовым колпаком создают давление воздуха, равное 5 кПа, а затем обливают водой купольную часть метантенка, а также все соединения, люки и крышки, расположенные выше уровня воды. В процессе испытания определяют утечку воздуха и сравнивают ее с допустимой.



## 15.9. Устройство заглубленных водозаборных и насосных станций опускным способом

Сущность способа состоит в том, что по мере разработки грунта внутри колодца, стены которого внизу выполнены в виде заостренной ножевой части, он под действием собственной массы погружается на заданную глубину (рис. 15.30). При этом его масса должна превышать общую величину

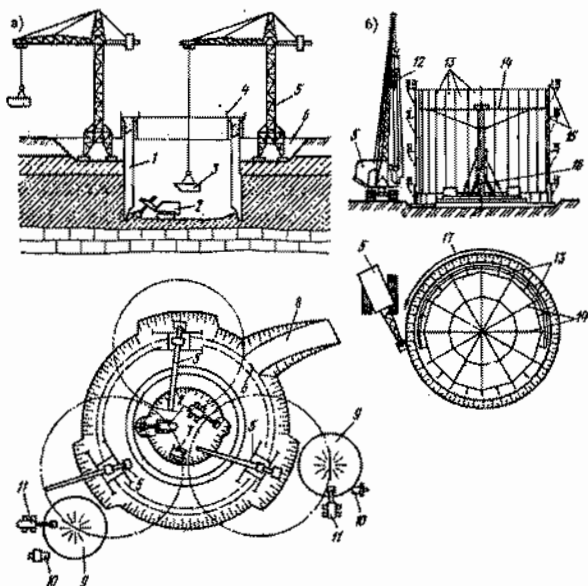


Рис. 15.30. Схема устройства опускных колодцев из монолитного (а) и сборного (б) железобетона: 1 - железобетонные стены колодца с ножом; 2 - экскаватор; 3 - бадья для грунта; 4 - опалубка; 5 - кран; 6 - пионерный котлован; 7 - бульдозер; 8 - выездная трамшья; 9 - отвалы грунта; 10 - самосвалы; 11 - экскаваторы на погрузке грунта; 12 - стеновая панель с ножом; 13 - смонтированные панели колодца; 14 - кондуктор; 15 - подмости; 16 - центральная стойка кондуктора; 17 - направление установки панелей

сил бокового трения стен о грунт не менее чем на 25%. Возникающие силы трения являются основным препятствием при погружении, что в ряде случаев приводит к зависанию колодцев или делает невозможным их погружение до проектной отметки. Для уменьшения сил трения применяют тиксотропные рубашки, т.е. в свободную полость между грунтом и наружной стеной, образованную при погружении наружным уступом стени у ножа колодца, заливают тиксотропную суспензию из бентонитовых глин.

Устройство опускных колодцев из монолитного железобетона связано с последовательным выполнением работ опалубочных, арматурных, бетонных, гидроизоляционных, а также по погружению колодца.

Бетонирование стен колодцев производят ярусами, причем высоту первого яруса принимают в зависимости от нормативного давления на грунт конструкции временного основания (опоры) под ножом. Бетонирование ведут как отдельными блоками, так и по всему периметру. Бетон укладывают слоями толщиной 30 – 40 см (реже 25 – 50 см), но не больше чем 1,25 длины рабочей части вибратора. Толщину слоев выбирают с учетом общей интенсивности бетонных работ и своевременного перекрытия слоев бе-

тонирования. Перед укладкой бетона проверяют правильность расположения арматуры, расстояния между стержнями и между опалубкой и арматурой.

Бетонную смесь в стены колодцев укладывают следующим способом: при толщине стен до 0,5 м ее подают на площадки лесов и затем по лоткам к месту укладки. В этом случае наращивают одну из сторон опалубки, причем на высоту не более 2 м. При толщине стен 0,5 – 1,2 м и высоте бетонирования 3 м смесь подают кранами в бадьях с последующей укладкой через металлические звеньевые хоботы, устанавливаемые по периметру стен через 3 м. При толщине стен более 1,2 м и малой насыщенности их арматурой смеси укладывают бадьями, разгружаемыми непосредственно у места укладки. Для уплотнения ее применяют вибраторы. Наилучшее качество укладки бетонной смеси обеспечивается при непрерывном бетонировании. Поэтому ответственные конструктивные элементы колодца, которые находятся под напором воды в период эксплуатации сооружения, бетонируют непрерывно.

*Гидроизоляцию стен колодца* выполняют снаружи по мере их бетонирования до начала опускания. Чаще применяют торкретирование стен с помощью цемент-пушки.

*Погружение опускных колодцев* в грунт является наиболее сложным и ответственным процессом при их строительстве. Непосредственно погружению предшествуют подготовительные работы по распалубке сооружения, снятию колодца с временного основания (подкладок) и монтажу земляного и другого оборудования. Снятие колодца с временного основания и его погружение производят после достижения бетоном нижней части и первого яруса стен проектной прочности, а последующих ярусов – 70% этой прочности. Последовательность снятия, т.е. удаления подкладок, должна быть такой, чтобы не произошло перекоса колодца. При погружении его грунт разрабатывают равномерно по всей его площади отдельными слоями. Порядок и способы разработки устанавливают с учетом вида и свойств грунтов. Причем в зависимости от того, происходит ли погружение колодца с осушением котлована средствами водоотлива или водопонижения или же без их применения, разработку грунта ведут в сухих условиях земляными механизмами (экскаваторами, бульдозерами) с подъемом его в бадьях кранами либо в мокрых условиях с разработкой грунта из-под воды средствами гидромеханизации (гидромониторами с выкачкой его гидроэлеваторами или землесосами).

Систематический контроль за погружением колодца ведут с помощью рисок, нанесенных на стены, или инвентарных контрольных реек, закрепленных по концам двух взаимно перпендикулярных диаметров колодца. Проверку вертикальности колодца производят непосредственно перед и после каждой его посадки. Колодцы при погружении, особенно на первых 5 – 8 м, могут накриваться. Смещение и перекосы (крены) должны устраняться немедленно, как только будут обнаружены. Чем позже они будут обнаружены, тем больше колодец отойдет от проектной оси и тем труднее его выпрямить. На практике применяют несколько способов исправле-

ния перекосов колодцев, в том числе способ «качаний», пригрузки и др. Но поскольку исправление кренов и перекосов колодцев в целом затруднительно, в настоящее время все большее распространение получает способ принудительно-регулируемого погружения колодцев с применением анкерных свай и домкратов. Изменяя усилия различных домкратов, регулируют глубину вдавливания ножа по контуру опускаемого колодца, т.е. управляют процессом его погружения.

Устройство дна опускного колодца является завершающей операцией. При погружении колодца в необводненных грунтах никаких осложнений при устройстве дна не возникает, так как основание в этом случае сухое и отличается необходимой плотностью. При разработке же рыхлых водонасыщенных грунтов средствами гидромеханизации возможны наплывы грунта внутрь колодца из-под ножа, особенно после прекращения погружения, что затрудняет устройство дна. В этом случае вначале устраивают бетонную подушку, укладываемую методами подводного бетонирования. После набора ее бетоном достаточной прочности воду из колодца откачивают и под прикрытием подушки устраивают гидроизоляцию и затем насухо бетонируют дна. Для устройства бетонной подушки применяют два метода подводного бетонирования: восходящего раствора и вертикально перемещающейся трубы (рис. 15.31, а, б). Бетонную смесь укладывают до отметки, превышающей проектную на 100–150 мм. Так как последний слой

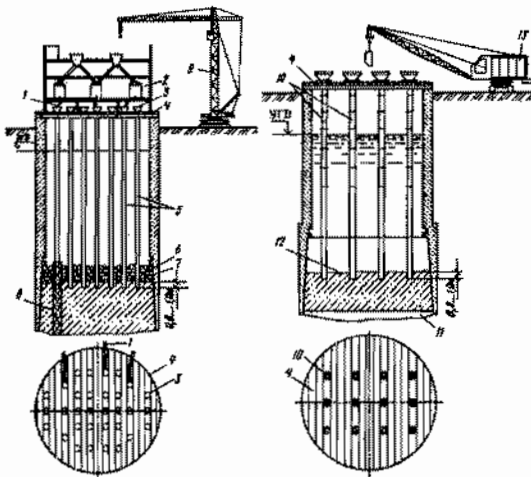


Рис. 15.31. Схема подводного бетонирования "подушки" дна опускного колодца: а - методом восходящего раствора (ВР); б - методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ); 1 - раствороподводящие шланги; 2 - растворосмесительный узел; 3 - металлические воронки; 4 - перекрытие над колодцем; 5 - раствороподводящие трубы; 6 - наброска из камня; 7 - поверхность раствора; 8 - шахта из арматуры; 9 - башенный кран; 10 - бетонолитные трубы; 11 - выравнивающий щебеночный слой; 12 - поверхность бетона; 13 - гусеничный кран на подаче бетонной смеси

при подводном бетонировании получается непрочным, его после окончания бетонирования удаляют.

После устройства гидроизоляции на поверхности бетонной подушки и надежного сопряжения ее с изоляцией ножевой части стен раскладывают арматуру и бетонируют дна. Первый слой бетона (30–40 см) укладывают концентрическими полосами, постепенно приближаясь к центру. Последующие слои такой же толщины укладывают параллельными полосами,

ширину которых и порядок укладки определяют в зависимости от принятой интенсивности бетонирования с обязательным соблюдением требования перекрытия отдельных слоев.

**Технология монтажа сборных опускных колодцев.** Монтаж колодцев из панелей, совмещенных с ножом или имеющих съемный нож, производят с использованием временных опор, основное назначение которых обеспечить неизменяемость положения монтируемых панелей колодца в процессе их сборки. Наиболее сложные и трудоемкие работы по монтажу и временному закреплению панелей, обеспечению их устойчивости, как правило, выполняют с помощью кондукторов (см. рис. 15.30, б). Монтаж стеновых панелей сборно-монолитных колодцев значительно облегчается в связи с наличием в монолитной ножевой части кольцевого паза, соответствующего радиуса колодца. К монтажу панелей колодца приступают после достижения бетоном ножевой части 70%-ной проектной прочности. Панели краном устанавливают в паз, закрепляют клиньями, соединяют накладками и замоноличивают стыки. Важным процессом, выполняемым при строительстве сборных и сборно-монолитных колодцев, является заделка (замоноличивание) стыков мелкозернистым бетоном марки не менее 300, приготовленным на специальных цементах, повышающих его водонепроницаемость.

После монтажа колодца наиболее ответственным операциям являются снятие его с временных опор и погружение. Колодец снимают с временных опор и переводят на грунт непосредственно перед его погружением. Вначале определяют и отмечают на внутренней поверхности стен (у ножа) так называемые фиксированные зоны (обычно четыре в местах пересечения двух взаимно перпендикулярных осей колодца), после чего приступают к разборке временных опор. После удаления внутреннего опорного кольца колодец дает равномерную осадку в грунт примерно до 200 мм. Затем разработкой грунта внутри колодца его погружают на необходимую глубину.

#### **15.10. Технология устройства заглубленных сооружений способом «стена в грунте»**

При этом способе стены подземной части водозабора или заглубленной насосной станции возводят в траншеях, повторяющих контур стен сооружения и заполненных глинистой суспензией, которая обеспечивает устойчивость их стенок от обрушения на время разработки траншей и последующего возведения в них конструкций стены. Для разработки траншей используют в основном грейферы. Схема устройства прямолинейных стен в грунте специальным машинокомплексом с агрегатом СВД-500 приведена на рис. 15.32, а, б. Для устройства круглых и прямолинейных замкнутых в плане траншей применяют траншекопатели, процесс работы которых состоит из следующих операций: установки траншекопателя на геометрическую ось отрываемой траншеи, забуривания рабочего органа машины на полную глубину траншеи, рытья траншеи на длину захватки. Разработку траншей в устойчивых скальных грунтах ведут без применения глинистой суспензии.

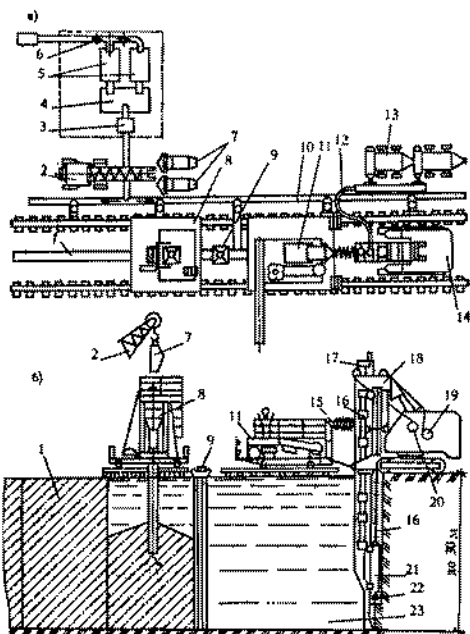


Рис. 15.32. Схемы расположения оборудования (а) и производства работ при устройстве стен сооружений способом «стена в грунте» (б) 1 - забетонированный участок стены; 2 - кран грузоподъемностью 7 ... 10 т; 3 - грязевой насос; 4 - емкость для глинистого раствора (суспензии); 5 - смесители БС-2 для приготовления глинистых растворов; 6 - центробежный насос; 7 - бады; 8 - установка для заполнения траншеи бетоном; 9 - ограждающий шаблон; 10 - растворопровод; 11 - ситогидроциклонная установка; 12 - воздухопроводный шланг; 13 - компрессоры; 14 - гусеничный кран проходческого агрегата СВД-500; 15 - нульотводящий шланг; 16 - трос; 17 - направляющий шаблон; 18 - рама; 19 - лебедка подъема стрелы; 20 - грузовая лебедка; 21 - электробур; 22 - породоразрушающий инструмент; 23 - глинистая суспензия

**Технология возведения монолитных стен в траншее.** Перед заполнением траншеи бетонной смесью проверяют глубину траншеи и очищают ее дно. Процесс возведения монолитных стен в траншее включает в себя операции по установке арматуры, укладке бетона, его уплотнению и уходу во время твердения. Железобетонные и бетонные монолитные стены в грунте бетонруют методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) по захваткам длиной 3 – 6 м из условий обеспечения устойчивости траншеи и принятой интенсивности бетонирования аналогично укладке бетона таким же методом под водой.

**Монтаж сборных железобетонных стен в грунте.** Для установки в траншею применяют панели высотой 10 – 15 м и массой до 20 т с устройством вертикальных стыков. Панель в траншею, обрамленную воротником, опускают краном, расположенным за пределами призмы обрушения. Перед началом монтажа на горизонтальных плитах воротника траншеи намечают оси панелей. Первую панель устанавливают с тщательной выверкой ее, а вторую и последующие – с помощью специальных монтажных приспособлений, в том числе направляющих кондукторов по типу применяемых в металлических шпунтах. Заделка стыков между элементами сборных стен, устраиваемых способом «стена в грунте», имеет свои особенности. Стыки замоноличивают сверху вниз по мере их обнажения при разработке грунта внутри сооружения.

Заделывают стыки методом пневмонабрызга, шприцбетонирования или торкретирования. После полного удаления грунта и замоноличивания стыков на всю высоту устраняют бетонную подготовку, гидроизоляцию и днище заглубленного сооружения.

## 15.11. Монтаж коллекторов прямоугольного и круглого сечений

Основными операциями при строительстве коллектора являются: подготовка основания под коллектор; монтаж сборных элементов или трубных звеньев; заделка стыков элементов или труб; монтаж камер; подготовка врезки в действующие коллекторы; засыпка коллектора с последующим гидравлическим испытанием проложенных труб; монтаж внутреннего оборудования коллекторов, камер, колодцев. В системах городского коммунального хозяйства часто строят проходные коллекторы общего назначения для прокладки в них коммуникационных сетей, состоящие из панелей стен, плит днища и плит перекрытия со стыками на петлеобразных выпусках арматуры. Общая схема монтажа такого коллектора приведена на рис. 15.33, а.

Монтаж коллекторов прямоугольного сечения ведут единым объектным потоком с разбивкой общего фронта работ на шесть захваток (рис. 15.33, а) и следующим распределением работ: рытье траншей; устрой-

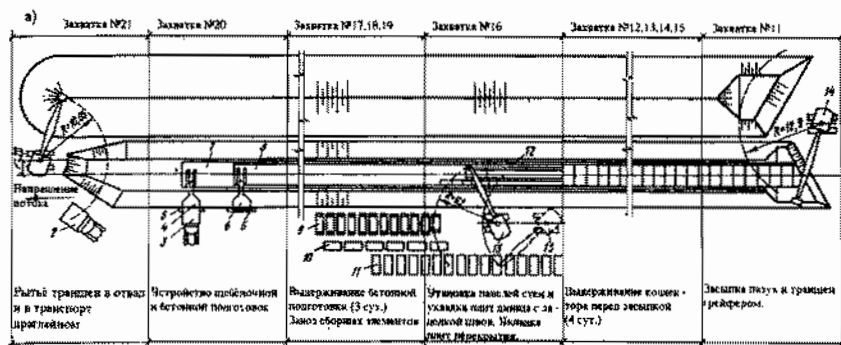
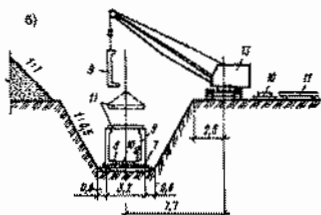


Рис. 15.33. Монтаж сборного железобетонного коллектора: а - схема организации его монтажа; б - установка сборных элементов коллектора; 1 - экскаватор-драглайн; 2 - автосамосвал, отвозящий лишний грунт; 3 - автосамосвал со щебнем; 4 - лоток для спуска щебня в траншею; 6 - отбойный брус; 6 - лоток для подачи бетонной смеси в траншею; 7, 8 - щебеночная и бетонная подготовка; 9 - стеновые панели; 10, 11 - плиты днища и перекрытия; 12 - замоноличиваемый стык панелей и днища; 13 - кран-экскаватор; 14 - экскаватор с рейферным ковшом



ство щебеночной и бетонной подготовки; выдерживание бетонной подготовки, завоз и раскладка сборных элементов; монтаж стеновых панелей и плит днища с замоноличиванием стыков; укладка плит перекрытия (второй проходкой крана) с заделкой швов; выдерживание коллектора перед засыпкой; засыпка пазух и траншей бульдозером. Выбор монтажного крана, как и в других случаях, производят по грузоподъемности, вылету крюка и высоте его подъема. Причем грузоподъемность определяют исходя из массы наиболее тяжелого элемента коллектора (стеновой панели), а вылет крюка — в зависимости от положения крана и расстояния до наиболее удаленного элемента.

Монтаж коллектора ведут комбинированным методом: сначала на бетонную подготовку укладывают плиты днища и устанавливают панели стен, а затем, после замоноличивания стыков, второй проходкой крана укладывают плиты покрытия. Плиты днища по оси коллектора укладывают на слой цементного раствора с соблюдением заданного уклона. После монтажа двух-трех плит на слой раствора устанавливают панели с выверкой их вертикального положения. После замоноличивания стыков между плитами днища и панелями, а также приобретения им необходимой прочности в коллектор укладывают трубопроводы. Второй проходкой крана укладывают плиты покрытия и замоноличивают их с панелями стен. Если укладку труб и устройство других коммуникаций производят после устройства коллектора, то трубы и другие материалы подают в коллекторы через люки и проемы, устраиваемые в покрытиях. В заключение готовый коллектор покрывают слоем гидроизоляции и засыпают грунтом с использованием экскаватора с грейфером или бульдозера.

Монтаж коллекторов из объемных блоков (рис. 15.34, а) ведут поточным методом с разбивкой фронта работ на три захватки (рис. 15.34, б). При этом на первой устраивают подготовку щебеночного основания, на второй – бетонную подготовку и на третьей – монтаж блоков краном с использованием специального вилочного захвата.

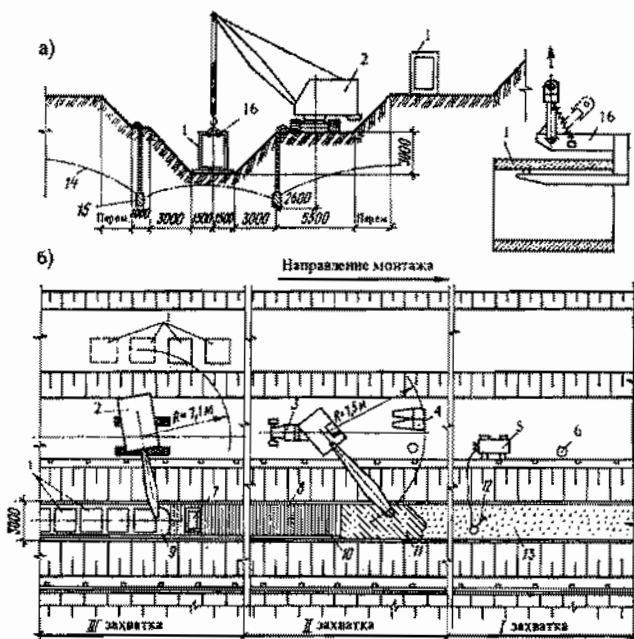


Рис. 15.34. Монтаж коллекторов из объемных блоков: 1 - блоки тоннеля; 2 - гусеничный кран; 3 - автокран; 4 - бункеры для бетона; 5 - компрессор; 6 - емкость для воды; 7 - ящик с раствором; 8 - уплотненный слой бетона; 9 - цементный раствор; 10 - виброрейка; 11 - укладываемый слой бетона; 12 - пневмотрамбовка; 13 - слой щебня; 14 - уровень грунтовых вод; 15 - водопонизительные иглофильтры; 16 - вилочный захват

Продольные стыки в днище коллектора и стыки соединения плит покрытия со стеновыми панелями замоноличивают бетонной смесью после сварки закладных деталей и выпусков арматуры. Вертикальные стыки между панелями и горизонтальные в днище и перекрытии заделывают цементным раствором. Для замоноличивания стыков применяют специальную установку, состоящую из растворонасоса и вибропитателя с виброжелобом. Работы по замоноличиванию стыков выполняют в такой последовательности: армируют стыки по всему периметру коллектора; заполняют бетонной смесью нижнюю часть стыка и днища; устанавливают внутреннюю, а затем наружную опалубку; заполняют бетонной смесью стыки между вертикальными стенками блока, а затем верхнюю часть стыков; демонтируют замоноличивающую установку и снимают опалубку.

Монтаж самотечных канализационных коллекторов ведут также из сборных железобетонных раструбных или фальцевых труб большого диаметра, так как возведение их прямоугольного сечения из плоских элементов (подобно проходным коллекторам) менее эффективно. Пример монтажа коллектора из железобетонных фальцевых труб диаметром 2000 мм приведен на рис. 15.35. Вначале размечают положение трубы на основании, затем

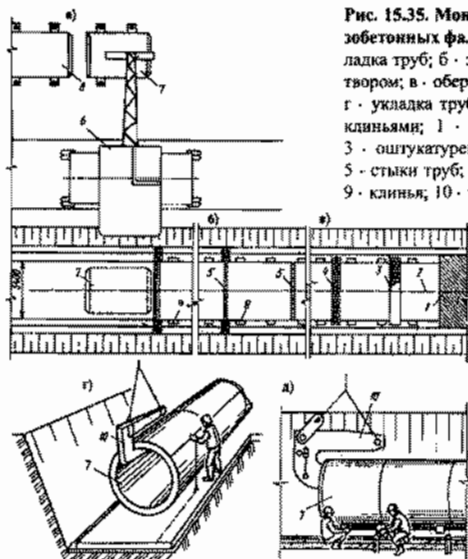


Рис. 15.35. Монтаж безнапорных коллекторов из железобетонных фальцевых труб диаметром 2000 мм: а - укладка труб; б - замоноличивание стыка и заделка его раствором; в - обертывание сеткой и оштукатуривание стыка; г - укладка трубы с помощью скобы; д - закрепление ее клиньями; 1 - бетонный упор; 2 - ось трубопровода; 3 - оштукатуренный стык; 4 - стык, обернутый сеткой; 5 - стыки труб; 6 - кран; 7 - фальцевые трубы; 8 - фальц; 9 - клинья; 10 - траверса

опускают в траншею, укладывают трубу на основании и выверяют ее положение, закрепляют клиньями и расстроповывают. Далее конопатят стык труб смоляной прядью и заделывают цементным раствором, обертывают его арматурной сеткой и оштукатуривают.

Стыки раструбных коллекторных труб заделывают конопаткой раструба просмоленной или битумнизированной пеньковой прядью с зачеканкой увлажненной асбестоцементной смесью. Стыки фальцевых труб диаметром 2000 - 4000 мм заделывают торкретированием по обернутой арматурной сетке.



## Глава 16. МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ

### 16.1. Виды технологического оборудования

На водопроводных и канализационных сооружениях монтируют разнообразное технологическое оборудование. Так, на водозаборных сооружениях устанавливают сероудерживающие решетки и сетки, затворы, сетчатые барабанные фильтры и другое оборудование, а на сооружениях для очистки природных вод – установки типа «Струя», иапорные кварцевые, ионообменные и сорбционные фильтры, хлораторы, дозаторы, электролизные, озонаторные и бактерицидные установки, машины для дробления и гашения извести, гидроциклоны, расходомеры и т.п. На канализационных очистных сооружениях монтируют решетки, решетки-дробилки, щитовые затворы, оборудование для сброса, удаления и утилизации осадков, оборудование биофильтров, аэротенков, метатенков и др. На насосных, воздухоподводящих и компрессорных станциях монтируют соответственно насосы, воздухоподводящие и вентиляторы с электродвигателями, а также электрооборудование (трансформаторные подстанции, щиты управления). Вентиляторы устанавливают также на вентиляторных градирнях. В зданиях водозаборов, насосных и водоочистных станциях монтируют подъемно-транспортное оборудование (подвесные и мостовые краны, тали и др.). На трубопроводах монтируют задвижки, клапаны и вентили.

### 16.2. Подготовка зданий, фундаментов и оснований под монтаж оборудования

*Готовность зданий и сооружений к монтажу оборудования* предполагает устройство в них сборочных площадок и возведение фундаментов и опорных конструкций под оборудование, прокладку подземных коммуникаций, обратную засыпку и уплотнение грунта до проектных отметок, устройство стяжки под полы и каналы, монтаж подкрановых путей и монорельсов. В машинных залах насосных станций до начала монтажа оборудования должны быть закончены все строительные работы, включая отделочные.

*Подготовка оснований под оборудование.* Фундаменты и постаменты под оборудование выполняют из бетона и железобетона. Они могут быть монолитными, сборно-монолитными и сборными. Однако независимо от своей конструкции они состоят из верхней части *А*, выступающей над полом, на котором монтируют оборудование, и нижней *Б*, опирающейся на грунт (рис. 16.1, а). Фундаменты и постаменты должны быть забетонированы в соответствии с проектом и не иметь поверхностных трещин, повреждений углов и оголенной арматуры. На всех фундаментах, сдаваемых под монтаж оборудования, должны быть заделаны металлические пластины (марки) с нанесенными на них осевыми и высотными отметками.

Крупные и тяжелые фундаменты в течение определенного времени дают осадку на 50 мм и более. Поэтому по окончании бетонирования фундамента наблюдают за его осадкой и при выверке оборудования по реперам

учитывают возможные отклонения. Фундаменты, на которых оборудование устанавливают с последующей подливкой раствором (насосы, вентиляторы и др.), сдаются под монтаж забетонированными до уровня на 50 – 60 мм ниже проектной отметки опорной поверхности оборудования. Готовые фундаменты и постаменты принимают только при полном соответствии проекту их геометрических размеров, расположения закладных деталей и отверстий. Правильность размеров и осей фундаментов, колодцев, ниш и проемов проверяют с помощью струн, грузов и отвесов (рис. 16.1, б). Вдоль главной оси монтируемого агрегата на высоте 200 – 250 мм над фундаментом подвешивают струны из рояльной проволоки и натягивают их с помощью грузов так, чтобы опущенные с них отвесы попадали в точки пересечения высотных и осевых отметок планок. Размеры фундамента и правильность заложения колодцев, каналов проверяют от установленных струн и отвесов масштабной линейкой. Прямоугольность фундамента проверяют натяжением шнуров по его диагоналям, которые должны быть равны. Глубину колодцев и проемов от высотных отметок проверяют с помощью рейки, линейки и уровня (рис. 16.1, в).

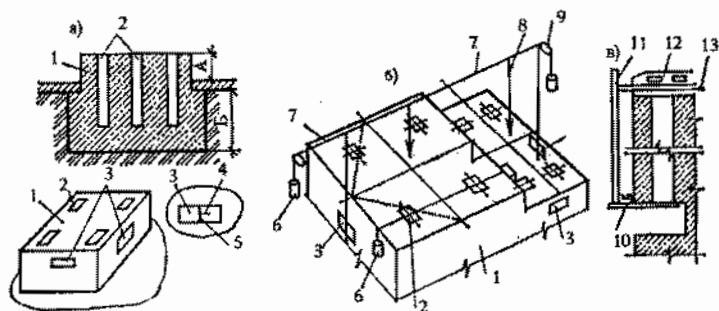


Рис. 16.1. Конструкция фундамента насосного агрегата (а), схема его разметки (б) и проверка глубины колодца (в): 1 - фундамент; 2 - колодцы; 3 - планки; 4 - высотная отметка; 5 - осевая отметка; 6 - груз; 7 - струна; 8 - отвес; 9 - блок; 10 - уровень; 11 - рейка; 12 - проверочная линейка; 13 - отметка низа рамы насоса

### 16.3. Подготовка насосного оборудования к монтажу. Необходимые монтажные приспособления и инвентарь

К началу работ по монтажу оборудования необходимо подготовить приобъектные склады и площадки для укрупнительной сборки и подготовки оборудования к установке; разработать, утвердить и передать монтажной организации проект производства работ (ППР); доставить на строительство оборудование в соответствии с графиком монтажных работ; выполнить в необходимом для начала монтажа оборудования объеме строительную часть зданий, сооружений и фундаментов, устроив в них монтажные проемы, отверстия для крепления оборудования и установив нужные закладные детали; смонтировать подъемно-транспортное оборудование (эксплуатационное и временное), используемое для монтажа; выполнить мероприятия по технике безопасности и охране труда.

Для монтажа оборудования промышленными и механизированными методами поставка габаритного оборудования должна обеспечиваться в полностью собранном виде, не требующем при монтаже разборки для ревизии и расконсервации. негабаритное и тяжеловесное оборудование транспортируют на специальных транспортных средствах в собранном виде или отдельными частями максимально возможных габаритов. Следует также производить дополнительное укрупнение оборудования перед установкой его в проектное положение, рационально совмещать строительные, монтажные и специальные работы, максимально использовать для монтажа эксплуатационное подъемно-транспортное оборудование (мостовые краны, тали и др.), а также грузоподъемные механизмы, предусмотренные для общественных и других работ.

*Поставка, хранение и сдача оборудования в монтаж.* Оборудование должно поставляться на строительство и передаваться в монтаж комплектно; оно должно удовлетворять государственным и отраслевым или техническим условиям, иметь технические паспорта, сертификаты или другие документы предприятия-изготовителя, удостоверяющие их качество и заводскую готовность. Условия хранения оборудования должны соответствовать требованиям заводских инструкций. Передачу его в монтаж производят по заявкам монтажников в установленные сроки и в соответствии с принятой последовательностью строительно-монтажных работ.

*Приспособления и механизмы для монтажных работ (рис. 16.2).* Подъем и перемещение оборудования в процессе монтажа выполняют с по-

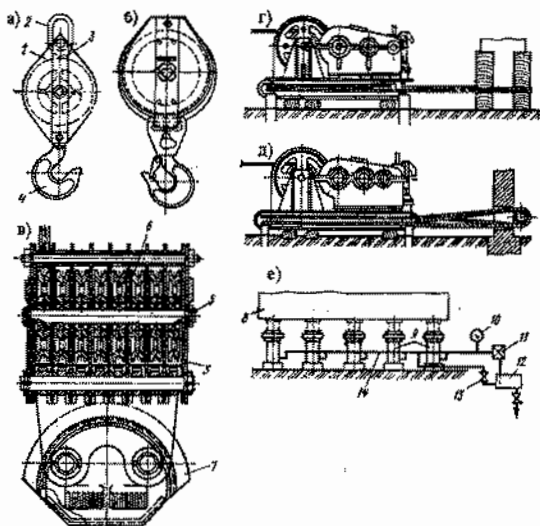
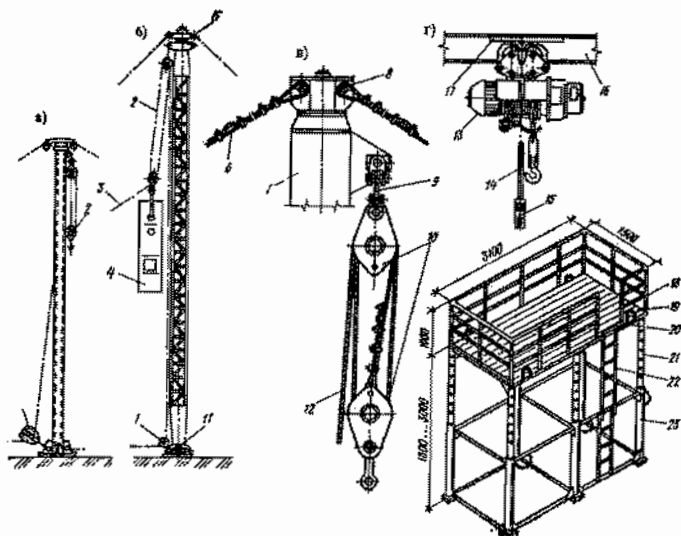


Рис. 16.2. Приспособления, используемые при монтаже технологического оборудования: 1 - шкив; 2 - скоба; 3 - трос; 4 - грузовой крюк; 5 - оси; 6 - ролики; 7 - вкладыш; 8 - поднимаемое оборудование; 9 - домкрат; 10 - манометр; 11 - насос; 12 - масляный бак; 13 - кран; 14 - трубопровод

мощью грузоподъемных приспособлений — однорольных и многорольных блоков (рис. 16.2, а, б, в), лебедок (рис. 16.2, г, д), домкратов (рис. 16.2, е), монтажных мачт (рис. 16.3, а, б, в) и порталных подъемников. Применяют также самоходные гусеничные, пневмоколесные и тракторные краны, ба-

шенные и краны-трубоукладчики. Используют для монтажа оборудования и эксплуатационные мостовые и подвесные краны, тали (рис. 16.3, г), установленные в зданиях насосных и водоочистных станций. При монтажных работах применяют стропы, захваты и траверсы. В целях безопасного ведения работ используют инвентарные (рис. 16.3, д), подъемно-подвесные и выпускные леса, монтажные люльки и т.п.



**Рис. 16.3. Механизмы и леса, применяемые при монтаже технологического оборудования:** 1 - отводный блок; 2 - грузовой полиспаст; 3 - оттяжка для груза; 4 - поднимаемое оборудование; 5 - паук; 6 - ванты; 7 - мачта; 8 - оголовок мачты; 9 - подвеска; 10 - неподвижный и подвижный блоки полиспаста; 11 - шарнир; 12 - сбегаящая нить полиспаста; 13 - электрический привод; 14 - кабель; 15 - пульт управления; 16 - монорельс; 17 - троллей; 18 - ограждение; 19 - деревянный настил; 20 - скоба; 21 - верхний выдвижной ярус; 22 - раздвижная лестница; 23 - нижний ярус

#### 16.4. Монтаж горизонтальных насосных агрегатов

**Монтаж горизонтальных насосов**, как центробежных, так и поршневых, начинают с установки плит или рам на фундамент и выверки его в плане, по высоте и горизонтали. Допускаются отклонения плиты (рамы) в плане и по высоте до 10 мм, а по горизонтали — 0,1 мм на 1 м длины плиты.

Сборочные единицы (узлы) насосов устанавливают на общей раме (рис. 16.4, а) или на отдельных рамах (рис. 16.4, б). Фундамент под насосный агрегат (рис. 16.4, в) имеет в плане прямоугольную форму с восемью анкерными гнездами, если насос и двигатель поставляются на отдельных рамах, или четыре — при поставке их на общей раме. Между рамой агрегата и верхом фундамента оставляют зазор 30 — 50 мм для монтажной подбетонки (подливки). Насос и электродвигатель крепят к опорным планкам рамы с помощью шпилек. Анкерные болты для крепления рамы к фундаменту изготовляют из круглой стали длиной, равной 20 — 25 их диаметра.

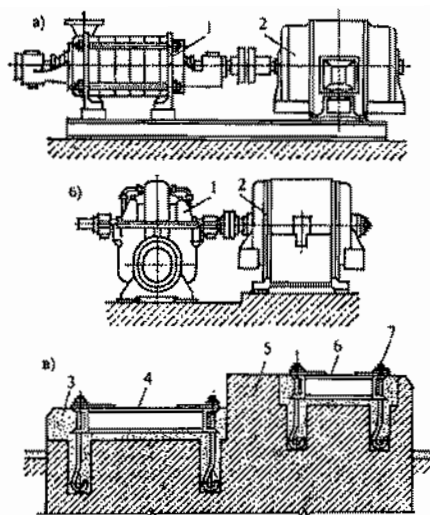


Рис. 16.4. Установка горизонтальных насосов: 1 - насос; 2 - электродвигатель; 3 - монтажная подбетонка (подливка); 4 - рама под насос; 5 - фундамент; 6 - рама под электродвигатель; 7 - анкерный болт

Иногда насос крепят к фундаменту анкерными болтами без промежуточной рамы. Однако в этом случае возможны повреждения болтов при демонтаже насоса (нарушение их сцепления с бетоном) и возникают неудобства при центровке насоса.

Насосы и насосные агрегаты монтируют монтажными кранами, но чаще для этой цели используют мостовые и подвесные краны, тали, которыми оборудуют здания насосных станций. Применяют также переносные треноги с ручной талью, лебедки и другие механизмы.

Монтаж горизонтального насосного агрегата с раздельными опорными плитами под насос и электродвигатель (см. рис. 16.4, б) обычно начинают с установки на фундамент насоса вместе с опорной плитой или рамой, выверяют ее и крепят к фундаменту. После этого насос является базой, к которой центрируют электродвигатель (в агрегатах без редуктора). В агрегатах с редуктором насос и электродвигатель центрируют к выверенному и закрепленному редуктору, а в агрегатах с гидромуфтой редуктор, насос и электродвигатель — к выверенной и закрепленной гидромуфте. Насосные агрегаты на общей раме (см. рис. 16.4, а) устанавливаются на фундамент за один прием. Эти насосные агрегаты, а также на раздельных плитах перед подливкой бетонной смесью выверяют по высотным отметкам относительно репера или насечки. Проверяют также положение насосного агрегата по осям в плане и в горизонтальной плоскости. При этом используют метод натянутых струн и отвесов (рис. 16.5, а). С этой целью натягивают горизонтально продольные 3 и поперечные 6 струны, на которые вешают отвесы 2 и 5 так, чтобы они совпадали с соответствующими насечками на фундаменте 8. На натянутых и закрепленных продольных струнах каждого насоса 4 с обеих сторон вешают отвесы 2 так, чтобы один отвес совпал с центром всасывающего патрубка насоса и насечкой 1 на фундаменте, а второй — с осью элект-

родвигателя 9. Если монтируют несколько насосных агрегатов, то натягивают и крепят поперечную струну 6. При этом отвесы 5, опущенные с натянутой струны, должны совпадать с центрами нагнетательных патрубков. При монтаже насосов и электродвигателей, расположенных на отдельных опорных рамах или плитах, особое внимание обращают на обеспечение необходимого зазора между торцами полумуфт, указанного в паспорте насоса.

Наиболее ответственной операцией при монтаже горизонтальных и вертикальных насосных агрегатов является центровка валов по полумуфтам. При проверке по полумуфтам валы насоса и электродвигателя устанавливают так, чтобы торцовые плоскости полумуфт были параллельны и расположены концентрично. Необходимо совпадение образующих цилиндрических поверхностей обеих полумуфт и равенство зазоров между их торцами в любом положении. Зазоры по окружности полумуфт называют радиальными, а между торцовыми плоскостями их – осевыми.

Для проверки соосности полумуфт в зависимости от их конструкции применяют различные приспособления. Так, концентричность проверяют щупом по зазору между скобой, установленной на одной половине пальцевой муфты, и образующей поверхностью другой половины (рис. 16.5, б). Зазоры между торцовыми плоскостями полумуфт измеряют щупом в четырех

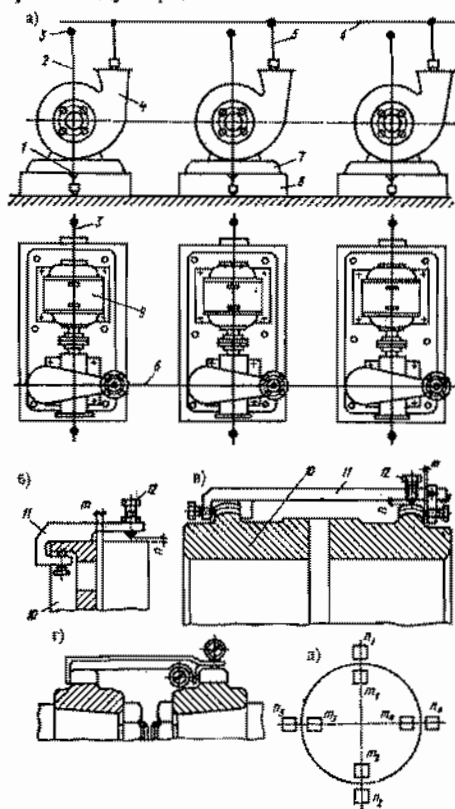


Рис. 16.5. Выверка насосов с помощью струн и центровка муфт с помощью щупа и индикатора: 1 - насечка осевая; 2, 5 - отвесы; 3, 6 - продольная и поперечная струны; 4 - насос; 7 - плита; 8 - фундамент; 9 - электродвигатель; 10 - полумуфта; 11 - скоба; 12 - винт; п, т - замеры щупом

противоположных точках по окружности. Зубчатые муфты, у которых торцы удалены один от другого, проверяют с помощью щупов или индикаторов, укрепленных на одной из полумуфт (рис. 16.5, в, г). Подъемом или сдвигом подшипников или корпусов насосов достигают параллельности и concentричности расположения муфт. Запись проверки соосности полумуфт ведут по круговой диаграмме (рис. 16.5, д), причем замеры по окружности  $n$  представляют во внешних прямоугольниках, а замеры по торцу  $m$  – во внутренних. Для проверки вала устанавливают в начальное (нулевое) положение, а затем оба вала поворачивают на  $90, 180, 270^\circ$  по направлению вращения и измеряют при этом зазоры  $n$  и  $m$ , снимая в каждом положении по одному замеру  $n_1, n_2, n_3, n_4$  по окружности и по четыре замера по торцам полумуфт в диаметрально противоположных частях  $m_1, m_2, m_3, m_4$ . При правильной установке должно выполняться равенство замеров  $n_1 + n_2 = n_3 + n_4$  и  $m_1 + m_2 = m_3 + m_4$ . Замеры по торцам полумуфт подсчитывают как среднее арифметическое.

После центровки насосных агрегатов подливают бетонную смесь, набивают сальники, монтируют смазочную систему (если она имеется) и присоединяют трубопроводы. Затем агрегаты испытывают вхолостую и под нагрузкой.

## 16.5. Монтаж вертикальных насосных агрегатов

Монтаж вертикальных насосов (рис. 16.6, а) производят как в собранном, так и в разобранном виде (что намного сложнее). При поставке вертикального насоса в разобранном виде перед его установкой вначале проверяют фундамент, затем через проем для электродвигателя на нижний этаж к месту монтажа подают сборочные единицы. Сначала устанавливают фундаментные плиты насоса и выверяют их по высотной отметке металлической линейкой, а в горизонтальной плоскости – уровнем. Отклонения при этом не должны превышать по вертикальной отметке  $\pm 1$  мм и по горизонтальной плоскости 0,3 мм на 1 м. Затем устанавливают и закрепляют болтами корпус 3 насоса, а на верхнем этаже монтируют статор электродвигателя 1 и выверяют его положение уровнем с ценой деления 0,1 мм на 1 м. Отклонения не должны превышать по вертикальной отметке  $\pm 1$  мм и по горизонтальной плоскости 0,1 мм на 1 м. После этого приступают к центровке насосного агрегата по вертикальной оси струной и отвесом (рис. 16.6, б). За базу принимают уплотняющее кольцо корпуса насоса 3, а струну 6 натягивают через центр насоса и статора.

Зазоры между струной и уплотняющим кольцом насоса измеряют штихмассом\* электроакустическим методом. Он состоит в том, что цепь с радионаушниками и источником тока (батарежкой) одним концом присоединяют к струне, а другим – к раме (или цилиндрам). При замерах соосности один конец штихмасса устанавливают на обработанную поверхность рамы

\* Штихмасс (нутромер) – это прибор для измерения внутренних линейных размеров деталей; в зависимости от конструкции бывает микрометрическим и индикаторным. Пределы измерений от 0,2 мм до 10 м.

или цилиндра и подбирают его длину, при которой второй конец легко касается струны. При касаниях цепь замыкается и в наушниках слышится треск. Расстояние до струны считается замеренным правильно, если уменьшение длины штихмасса на 0,02 мм не дает контакта в цепи. Несоосность рамы и цилиндра не должна превышать 0,15 – 0,2 мм. После предварительной центровки насоса и статора подливают бетонной смесью фундаментные болты, а когда бетон затвердеет, насосный агрегат центрируют окончательно. Отклонения по соосности при этом не должны превышать 0,03 – 0,05 мм.

Ротор насоса устанавливают на нижнюю крышку корпуса, после чего ставят верхнюю крышку с вкладышами подшипника и предварительно выверяют вертикальность вала насоса рамным уровнем (допустимое отклонение не более 0,04 м на 1 м вала). Затем монтируют трансмиссию и собирают электродвигатель, проверяя при этом зазоры между ротором и статором вверху и внизу в четырех диаметрально противоположных точках. Зазоры не должны превышать  $\pm 10\%$  проектного размера.

Более точно центрирование вертикальных насосных агрегатов выполняют электроакустическим способом с помощью четырех вертикальных струн (рис. 16.6, в). От закрепленной на верхнем фланце вала 2 крестовины 13 опускают четыре струны 6 во взаимно перпендикулярных плоскостях. Грузы 18 на концах струн погружают в емкости с маслом 16 для повышения устойчивости струн. Струны от вала изолируют прокладкой 14. Струну через наушники 20 и батарею 19 подключают к насосу 17. Вместо наушников

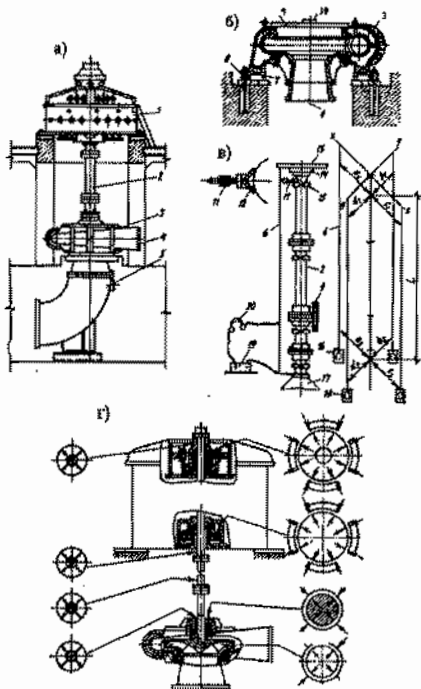


Рис. 16.6. Установка и выверка вертикального насоса: а - общая схема установки вертикального насоса; б - выверка корпуса насоса; в - центрирование вертикальных валов с помощью четырех струн; г - схемы мест проверки биения вала индикаторами и проверяемых зазоров; 1 - электродвигатель; 2 - трансмиссионный вал; 3 - корпус насоса; 4 - напорный патрубок; 5 - входной патрубок; 6 - струна; 7 - плита опорная; 8 - болт фундаментный; 9 - линейка контрольная; 10 - уровень; 11 - штихмасс; 12 - опора; 13 - крестовина; 14 - прокладка; 15 - хомут; 16 - емкость с маслом; 17 - насос; 18 - груз; 19 - батарея; 20 - наушники



в цепь иногда включают миллиамперметр. Штихмасс 11 с помощью опоры 12 поворачивают на валу 2. В местах измерений на центрируемых валах устанавливают хомуты. В момент касания головки штихмасса и струны, что фиксируется треском в наушниках, измеряют расстояние  $a, b, c, d$  по четырем струнам. По замерам в двух местах ротора можно определить условие вертикальности соединения двух валов:  $a_1 - c_1 = a_2 - c_2$ ;  $d_1 - b_1 = d_2 - b_2$ .

Отклонение вала от вертикальности в направлении осей X и Y определяют по выражениям

$$\Delta X = [(a_2 - c_2) - (a_1 - c_1)]/2, \quad \Delta Y = [(d_2 - b_2) - (d_1 - b_1)]/2.$$

Абсолютное отклонение  $D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ . Вали считают вертикальными, если выполняется условие  $D/L = 0,02$  мм/м, где  $L$  — длина соединяемых валов трансмиссии, м.

Несоосность ротора по отношению к статору устраняют передвижением вала ротора по сегментам подпятника опорного подшипника с помощью прижимных болтов. Далее выверяют обшую линию вала агрегата, измеряя биение вала двумя индикаторами, установленными в горизонтальной плоскости под углом  $90^\circ$  (рис. 16.6, г). Биение шеек вала трансмиссий, насоса, электродвигателя не должно превышать допустимых величин, указанных в инструкции завода-изготовителя. Если биение вала превышает допустимое, его устраняют шабровкой сопрягаемых плоскостей монтажных полуколец или торцов полумуфты.

После выверки вертикальности вала и зазоров в подшипниках подливают бетонную смесь под плиты насоса и электродвигателя и, когда бетон затвердеет, перебирают сальники, ставят вспомогательное оборудование, присоединяют трубопроводы, а затем приступают к опробованию и испытанию насосного агрегата.

### 16.6. Присоединение к насосам трубопроводов и арматуры

Трубопроводы к насосу присоединяют только после фиксации его к фундаментной плите или раме контрольными штифтами. Если к насосу присоединяют трубопровод большего диаметра, чем патрубок насоса, между ними устанавливают переходный конический патрубок с углом конусности не более  $10^\circ$  на напорном трубопроводе и  $15^\circ$  — на всасывающем. Трубопроводы в насосной станции прокладывают открыто (по строительным конструкциям) и закрыто (в нишах, лотках и каналах). Трубы соединяют в основном на сварке, однако применяются резьбовые, фланцевые и разборные соединения. Резьбовые применяют для присоединения контрольно-измерительных приборов, а фланцевые соединения — на отдельных участках для обеспечения возможности их разборки в случае необходимости. Разборные соединения на сгонах и фланцах применяют для установки арматуры (задвижек, клапанов и др.). Трубопроводы, проложенные горизонтально, должны иметь уклоны для опорожнения и выпуска воздуха из верхних точек. Трубопроводы, проложенные вертикально, могут иметь отклонения от вертикали не более 2 мм на 1 м высоты.

Снимать заглушки с патрубков насоса для присоединения к нему испытанных трубопроводов разрешается только после полного окончания их монтажа, очистки, промывки и продувки (во избежание попадания в насос посторонних предметов). Снимать пробы и заглушки с присоединитель-

ных патрубков насосного агрегата и присоединять к ним трубопроводы следует в присутствии представителей монтажной организации и технического надзора заказчика. После присоединения трубопроводов к насосному агрегату его повторно центрируют, а затем на поверхность труб наносят антикоррозийное лакокрасочное покрытие.

Арматуру на трубопроводах насосной станции устанавливают в местах, обеспечивающих беспрепятственный доступ к ней при обслуживании. На объект арматуру подают чаще всего комплектно с фланцами и приваренными к ним патрубками. Устанавливают арматуру в процессе монтажа трубопроводов станции. Иногда в случае отсутствия арматуры на фланцах устанавливают вставки из трубы (катушки) длиной, соответствующей длине арматуры. Затем вместо катушек устанавливают узлы арматуры.

Манометры или вакуумметры монтируют так, чтобы их шкала была видна с рабочего места машиниста. К трубопроводу манометр подключают через трехходовой кран. Водомеры и дифференциальные манометры в комплекте с сужающимися устройствами при диаметре условного прохода до 40 мм присоединяют к трубопроводу на муфтах, а при большем диаметре — на фланцах.

## 16.7. Монтаж других видов оборудования

**Монтаж мостовых кранов**, применяемых в зданиях насосных станций, фильтров, реагентного хозяйства, ведут различными способами, в том числе в наклонном положении с помощью одной или двух монтажных мачт (рис. 16.7, а). Применяют также безмачтовый монтаж с помощью гусеничного крана или лебедок и системы полиспастов, закрепленных за верх колони (рис. 16.7, б) или за стропильные фермы здания (рис. 16.7, в).

**Монтаж узлов задвижек** требует особой тщательности при производстве работ. Перед их монтажом проверяют исправность маховика и сальника, а также отсутствие в литье задвижки трещин и раковин, забоины на уплотнительных поверхностях фланцев; работу дисков проверяют поднятием их вверх до отказа и опусканием обратно, смазывают резьбу и заменяют сальниковую набивку. Если требуется, задвижку подвергают гидравлическому испытанию.

Монтаж узла задвижки (рис. 16.8) включает: строповку и перемещение узла к месту установки (рис. 16.8, а), установку узла на подготовленное основание, центрирование стыка и выверку положения задвижки, прихватку стыка электросваркой. При строповке ветви стропа пропускают под фланцевым соединением корпуса так, чтобы узлы строповки находились в одной плоскости с осями задвижки и шпинделя (рис. 16.8, б). Убедившись в правильности строповки, краном поднимают узел на высоту 0,3 м и поворотом стрелы направляют его к месту установки. Там задвижку принимают, подводят входным патрубком к трубе и, центрируя стык, устанавливают на плиту основания. Затем по отвесу, прикрепленному к маховику, по оси шпинделя краном устанавливают задвижку строго вертикально, после чего с помощью центриатора окончательно центрируют стык (рис. 16.8, б) и сваривают его.

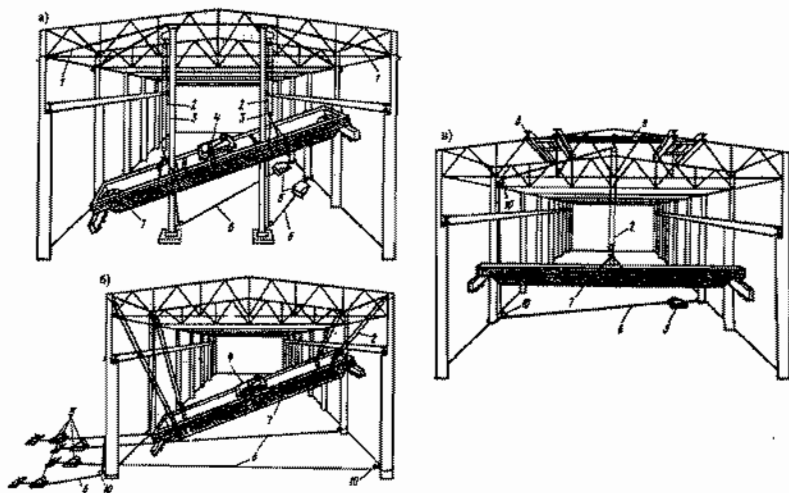


Рис. 16.7. Схемы монтажа мостового крана в здании насосной станции: 1 - венты; 2 - грузоподъемные полиспасты; 3 - монтажные мачты; 4 - грузоподъемная тележка крана; 5 - лебедки; 6 - сбегающие нити полиспастов; 7 - мост крана; 8 - вспомогательные балки; 9 - монтажная балка; 10 - отводные блоки

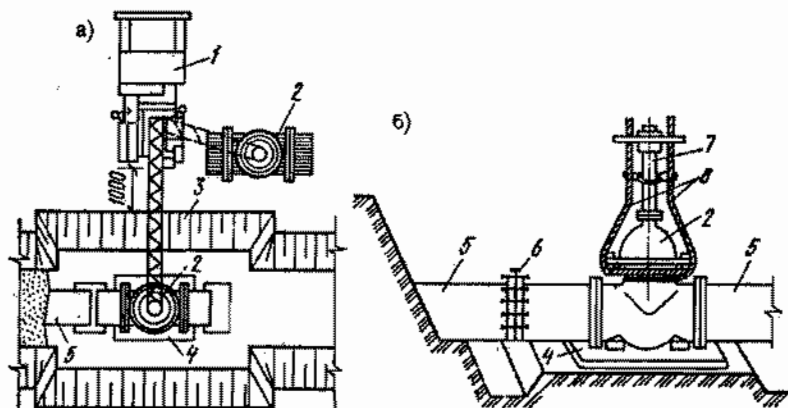


Рис. 16.8. Монтаж узла задвижки: 1 - кран; 2 - узел задвижки; 3 - котлован; 4 - плита основания; 5 - трубопровод; 6 - центратор; 7 - шпindelь; 8 - ветви стропы

## Глава 17. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ

### 17.1. Подготовка строительного производства

Для обеспечения строительства наиболее эффективными способами и наилучшими технико-экономическими показателями выполняют (в соответствии с указаниями СНиПа) ряд мероприятий по организационно-технической подготовке к строительству, в том числе своевременную разработку проектной документации по организации строительства и производству работ.

Проектная организация в составе технического проекта разрабатывает **проект организации строительства (ПОС)**, а строительная – по рабочим чертежам и с учетом ПОС разрабатывает **проект производства работ (ППР)** для подготовительного и основного периодов строительства зданий и сооружений или пусковых комплексов. Утвержденный ППР передают на стройку не позже чем за два месяца до начала работ.

Одним из основных документов ППР являются **технологические карты**. Они помогают правильно выбрать и применить современные способы производства работ.

Строительное производство можно рассматривать как совокупность постоянных двух стадий – **подготовки и реализации**. Причем ведущая роль принадлежит подготовке, так как возможность осуществления строительства в установленные сроки зависит прежде всего от качества и своевременности подготовки к нему. С учетом этого в организации строительного производства следует выделить два важных периода: 1) подготовка к строительству и 2) производство строительно-монтажных работ (СМР). Здесь надо помнить, что любая задержка подготовительных работ влечет за собой несвоевременное выполнение СМР и удлинение общего срока строительства объекта или комплекса. Поэтому подготовительные работы надо всегда тесно увязывать с общим графиком их строительства и ввода в эксплуатацию.

Согласно рекомендациям СНиП мероприятия и работы по подготовке строительного производства должны быть выполнены до начала строительства объекта в объеме, обеспечивающем осуществление строительства предусмотренными темпами. Обычно подготовка строительного производства включает в себя следующие четыре этапа: 1) общая организационно-техническая подготовка; 2) подготовка к строительству объекта; 3) подготовка строительной организации и 4) подготовка к производству СМР.

Строительство каждого объекта, согласно требований СНиП может быть начато только при условии наличия разработанных и утвержденных проектов организации строительства (ПОС) и производства работ (ППР).

До начала производства работ заказчик должен оформить и передать подрядной строительной организации разрешение на производство СМР. К основным работам по строительству объекта разрешается приступать только после отвода в натуре площадок или трассы трубопровода, ограждения стройплощадки и создания разбивочной геодезической основы.

Факт окончания всех подготовительных работ должен быть подтвержден актом, составленным заказчиком и генподрядчиком при участии субподрядной организации, выполнявшей работы подготовительного периода, и профсоюзного комитета генподрядной строительной организации.

## 17.2. Основы поточной организации выполнения работ

Поточные методы в строительстве обеспечивают бесперебойное и ритмичное производство работ, эффективное использование материально-технических и трудовых ресурсов, строительных машин и оборудования для непрерывного и равномерного выпуска строительной продукции.

Сущность поточного метода строительства может быть пояснена на примере. Предположим, что необходимо построить  $m$  одинаковых объектов (зданий, сооружений, их участков или захваток). Строительство их может быть организовано следующими тремя методами: последовательным, параллельным и поточным.

При *последовательном* методе (рис. 17.1, а) каждый объект (захватка) возводится после окончания предыдущего. Главным недостатком метода является то, что значительно удлиняется общая продолжительность постройки объектов, т.е.

$$T = mT_{\text{ц}}$$

где  $m$  – число объектов, захваток;  $T_{\text{ц}}$  – длительность производственного цикла возведения одного объекта.

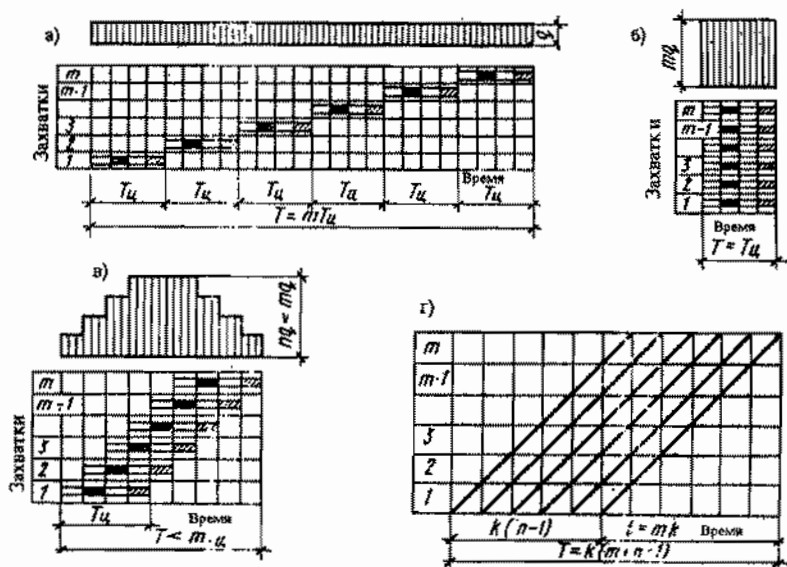


Рис. 17.1. Схема и графики поточного производства работ в строительстве: а - график последовательного метода производства работ; б - то же, параллельного; в - то же, поточного; г - циклограммы строительного потока

Однако интенсивность потребления ресурсов в единицу времени при этом является относительно небольшой и равномерной.

При *параллельном* методе (рис. 17.1, б) все объекты или захватки сооружаются одновременно, т.е. параллельно. В результате продолжительность строительства объектов  $T$  соответствует длительности одного производственного цикла  $T_{ц}$ , т.е. фактически сокращается в  $m$  раз. Но интенсивность потребления ресурсов  $r$  одновременно увеличивается при этом тоже в  $m$  раз, что является существенным недостатком параллельного метода.

При *поточном* методе (рис. 17.1, в) технологический процесс возведения объекта расчленяют на  $n$  составляющих процессов, для каждого из которых назначают одинаковую продолжительность, что позволяет совмещать их ритмичное выполнение по времени на разных объектах (захватках) с последовательным осуществлением однородных процессов и параллельным разнородных. Поточный метод сочетает положительные качества последовательного и параллельного методов и вместе с тем лишен тех недостатков, которые характерны для этих методов. Так, продолжительность строительства  $m$  объектов поточным методом будет значительно меньше, чем при последовательном ( $T < mT_{ц}$ ), а интенсивность потребления ресурсов меньше, чем при параллельном ( $nr < mr$ ).

Развитие строительного потока графически изображают в виде циклограммы (рис. 17.1, г), по оси абсцисс которой откладывают время, а по оси ординат – единицы строительной продукции (здания, сооружения, участки или захватки). Преимущество циклограммы (рис. 17.1, г) по сравнению с линейным календарным графиком (рис. 17.1, в) состоит в том, что на ней более наглядно видно развитие потоков во времени и в пространстве (по объектам, захваткам).

Каждый поточно выполняемый составляющий процесс, показанный на циклограмме в виде соответствующей наклонной линии, называют **частным потоком**. Сочетание нескольких последовательно начинаемых и параллельно выполняемых частных потоков составляет **строительный поток**. Анализ циклограммы строительного потока позволяет определить основные его параметры и зависимости. Так, продолжительность частного потока

$$t = mk,$$

где  $m$  – число объектов (захваток);  $k$  – модуль цикличности (продолжительность частного потока на данной захватке).

Общая продолжительность строительного потока

$$T = k(m + n - 1),$$

где  $n$  – число частных потоков, входящих в строительный поток.

Поточное производство работ отличается равномерным выпуском продукции, определяющим мощность (интенсивность) производства.

### 17.3. Краткие сведения о календарном планировании.

#### Составление графиков производства работ

Календарным планом строительства называется проектно-технологический документ, устанавливающий целесообразную последователь-

ность, взаимную увязку во времени и сроки выполнения работ по возведению отдельных зданий и сооружений, а также определяющий потребность в рабочих, материально-технических и других ресурсах.

Виды календарных планов, их структура, состав и степень детализации основных данных зависят от назначения проектно-технологической документации, в состав которой входит календарный план, т.е. в состав ПОС или ППР. В составе ПОС разрабатывают календарный план строительства и календарный план на подготовительный период, а в составе ППР — календарный план производства работ по объекту или комплексный сетевой график.

По своей форме календарные графики бывают линейные, в виде циклограммы, сетевого графика, а в последнее время — в виде матрицы. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки.

Наиболее простыми и наглядными являются календарные планы в виде линейных графиков, используемые при строительстве технически несложных объектов. Они достаточно полно отражают номенклатуру работ, порядок их выполнения и характер взаимосвязи между ними и позволяют проводить необходимый анализ.

Разработка календарных планов в виде циклограмм, предложенных проф. М.С. Будниковым, удобна при возведении однотипных объектов ритмичными потоками и позволяет наглядно представить развитие строительного потока во времени и пространстве. Но при организации строительства сложных объектов с неоднородными конструкциями, когда объемы работ по отдельным объектам или участкам распределены неравномерно, и объект возводится неритмичными потоками, изображенными на циклограмме ломаными линиями, наглядность циклограммы снижается, и пользоваться ею трудно. Кроме того, на циклограммах отсутствуют характеристики работ, показывается выполнение только основных работ и недостаточно отображается взаимосвязь между ними. По-видимому, по этим и другим причинам циклограммы при календарном планировании выполнения работ не получили широкого распространения в практике строительства.

В связи с этим у нас и за рубежом в последние годы для отображения вероятностных строительных процессов стали все чаще использовать сетевую модель календарного плана в виде сетевого графика, предложенного Дж. Е. Келли и М.Р. Уолкером. Она позволяет в более наглядной форме отобразить порядок возведения сложного объекта. Традиционной формой сетевого графика является безмасштабная, позволяющая легко стражать любые отклонения параметров работ, состояние строительства в любой момент времени.

По данным проф. В.А. Афанасьева, более рациональным оказалось применение такой формы отображения строительного производственного процесса, как матрица, представляющая собой таблицу с пересекающимися строками и столбцами. На одной из строк матрицы выписываются виды работ, а на другой — захватки или частные фронты работ. В зависимости от того, какие показатели выписываются на ординате, матрицы строят в системе ОВР или ОФР. При системе ОВР по оси ординат указывают виды работ, а на оси абсцисс — частные фронты. В системе ОФР — это делают наоборот.

Матрицы составляют с использованнем характеристик продолжительности работ или других показателей.

Представление исходных данных для формирования расчета и оптимизации расписания работ в виде соответствующих матриц позволяет обеспечивать необходимую их детализацию. При использовании матриц появляется возможность формирования различных вариантов организации работ и выбора из них более рационального, т.е. обеспечить подлинно научную организацию работ. К достоинствам матриц относятся также четкость разграничения связей между работами.

Использование матриц в качестве модели организации работ позволяет, по данным проф. В.А. Афанасьева, определить такие важные расчетные показатели, как продолжительность выполнения комплекса работ, ранние и поздние сроки их выполнения. Если пространство для отображения связей в матрице не ограничивать, а сами связи показывать стрелками, то она перерастает в сетевой график.

При разработке календарных планов в принципе могут быть использованы различные их формы, в том числе и вышеописанные. Иногда используют комбинацию различных форм, например, линейный график для наглядности дополняют циклограммой и т.п.

**Порядок разработки календарных планов.** Он обычно включает в себя два последовательных этапа проектирования:

1) разработка технологии и организации работ с составлением таблицы исходных данных путем определения основных показателей для отдельных видов работ;

2) построение и оптимизация линейных или сетевых графиков.

На I этапе анализируют объемно-конструктивное решение намечаемого к строительству объекта (сооружения), определяют методы его строительства и потребные ведущие строительные машины и механизмы, уточняют состав работ в технологической последовательности их выполнения, а также объемы работ, определяют затраты труда, составы бригад и звеньев рабочих, устанавливают структуру строительных потоков.

На II этапе строят организационно-технологическую модель (график) возведения объекта. При построении линейных календарных моделей их проектирование сводится к построению детерминированного\* графика (расписания) выполнения строительных процессов, обеспечивающего соблюдение установленных сроков ввода объектов в эксплуатацию при наличных ресурсах и ритмичную работу строительных организаций. При использовании в качестве формы календарного плана сетевых графиков создается вероятностная организационно-технологическая модель, т.е. сетевой график.

Порядок разработки календарных планов, независимо от их формы (линейный или сетевой) обычно следующий: составляют перечень (номенклатуру) работ в технологической последовательности их выполнения; оп-

---

\* Детерминированными называются графики, построенные на основе нормативных данных о продолжительности работ (норм времени), а вероятностными – на основе расчетных, с учетом их выполнения в благоприятных и неблагоприятных условиях



ределяют их объемы; выбирают методы их производства, необходимые строительные машины и механизмы; рассчитывают нормативную трудоемкость и машиноёмкость; определяют состав бригад и звеньев; устанавливают количество смен работы (механизированные работы – в две смены, ручные – в одну); определяют расчетную продолжительность отдельных видов работ и затем на графике выявляют возможности их совмещения между собой; сравнивают полученную по графику продолжительность строительства объекта с нормативной (по СНиП) или директивной и при необходимости график корректируют; на основе составленного календарного плана строят графики потребности в людских и материально-технических ресурсах и их обеспечения.

По своей форме календарные планы производства работ по объекту состоят из двух основных частей: левой расчетной в виде таблицы и правой – графической. Поэтому такие планы часто называют графиками. Графическая часть может быть линейной (линейный график), циклограммой или сетевой.

Типовая утвержденная СНиПом форма календарного плана строительства отдельного здания или сооружения (объекта) приведена в табл. 17.1.

Таблица 17.1

**Календарный план производства работ по объекту (или виду работ)**

Наименование работ	Объемы работ		Затраты труда чел.-дн	Требуемые машины		Продолжительность работ, дни	Число смен	Численность рабочих в смену, чел.	Состав бригады	График работ										
	Единица измерения	количество		Наименование	Число машин					дни, месяцы										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	и т.д.	

В этой форме к левой, расчетной части относятся гр. 1-10, а к правой графической, - гр. 11, которая в реальных календарных планах часто значительно расширяется из-за масштаба принятой шкалы продолжительности строительства объекта в днях.

Ниже приведены некоторые практические рекомендации по заполнению отдельных граф календарного плана.

**Наименование работ** (гр.1) или их перечень следует записывать обязательно в технологической последовательности их выполнения с группировкой по видам и периодам работ (подготовительной, основной). В то же время, для лаконичности и удобства пользования календарным планом отдельные работы целесообразно по возможности объединять и укрупнять. Но при этом следует помнить, что нельзя объединять работы, выполняемые разными исполнителями. Общим принципом при этом должно быть то, что в первую очередь планируют выполнение тех работ, которые открывают фронт работ для последующих.

**Объемы работ** (гр.2, 3) подсчитывают по рабочим чертежам, исходя из конкретных размеров тех или иных сооружений или их конструктивных элементов, причем обязательно в тех единицах измерения, которые указаны в ЕНиР.

**Затраты труда** (гр.4) и **машинного времени** (гр.6) определяют по действующим сборникам ЕНиР, ВНиР или МНиР, исходя из норм времени на единицу объема работ и их количества, т.е. объема.

**Требуемые машины** (их наименование) (гр.5) и **их количество** (гр.6) подбирают исходя из характера работ, размеров возводимых сооружений, технических характеристик и элементов, причем желательно с технико-экономическим сравнением разных вариантов. Поэтому, как правило, машины выбирают в два этапа: сначала технически возможные для данных конкретных условий (по глубине и радиусу копания, емкости ковша экскаватора или по вылету крюка, необходимой грузоподъемности и высоте подъема груза (краны), а затем, сравнивая различные варианты по технико-экономическим показателям, выбирают более экономичный, т.е. оптимальный тип машины. Более экономичным вариантом механизации работ считается тот, при котором приведенные, т.е. общие затраты, минимальны.

После выбора основных строительных машин определяют требуемое их количество (гр.6) в зависимости от объемов работ и сроков их выполнения.

**Продолжительность работы** (гр.7) рассчитывают по соответствующим формулам, причем вначале определяют продолжительность механизированных работ, от которых в значительной мере зависит характер построения графика работ (гр.11), а затем – продолжительность работ, выполняемых вручную.

Продолжительность механизированных работ (дн.)

$$T_{\text{мех}} = N_{\text{м-см}} / (n_{\text{м}} A \alpha),$$

где  $N_{\text{м-см}}$  – требуемое количество машино-смен;  $n_{\text{м}}$  – количество машин (гр. 6);  $A$  – количество смен работы в сутки (гр. 8);  $\alpha$  – коэффициент перевыполнения норм выработки (принимается в пределах 1,05 – 1,25).

Продолжительность работ, выполняемых вручную  $T_{\text{р}}$  (дн.), определяют путем деления трудоемкости работы  $Q_{\text{р}}$  (чел-дн) на количество рабочих  $n_{\text{р}}$ , которые могут работать на имеющемся фронте работ, на число смен работы (обычно  $A = 1$ ) и коэффициент перевыполнения норм ( $\alpha = 1,05 - 1,25$ ).

$$T_{\text{р}} = Q_{\text{р}} / (n_{\text{р}} A \alpha),$$

Затраты механизированного труда  $N_{\text{м-см}}$  и ручных работ  $Q_{\text{р}}$  подсчитывают при составлении калькуляции трудовых затрат и приводятся в гр. 4 календарного плана.

**Число смен** (гр.8) обычно принимают для механизированных работ – две и для ручных – одну.

**Численность рабочих в смену** (гр.9) определяют в зависимости от состава бригады (гр.10). В свою очередь количественный состав бригады определяется как сумма составов входящих в нее звеньев. Рекомендуемый состав звеньев по наименованию профессий и специальностей рабочих, разрядам и их количеству приводится в сборниках ЕНиР на соответствующий вид работ. Если объемы работ по какой-либо профессии не обеспечи-

вают полной загрузки в расчтный период, то используют совмещение профессий, но в объеме не более 15% от основной профессии. Обычно совмещают профессии бетонщика, плотника (опалубщика) и арматурщика или монтажника, сварщика и такелажника.

**График работ** (гр. 11) – правая часть календарного плана наглядно отражает выполнение работ во времени, последовательность и увязку работ между собой.

Разработка графика (расписания) работ является относительно сложной многомерной задачей упорядочения во времени выполнения работ по возведению объекта. Техника построения этого графика усложняется в связи с тем, что планируемые работы находятся в сложной взаимозависимости, обусловленной технологией их выполнения. Поэтому любой сдвиг во времени одних процессов повлечет за собой изменение временных параметров других, а также интенсивности загрузки исполнителей и потребления ресурсов. Кроме того любые модели графика и особенно линейные недостаточно точно отражают сложность взаимосвязей работ. Трудность построения графика состоит еще и в необходимости решения противоречивых задач, предусматривающих, с одной стороны, требование наилучшего использования мощностей и ресурсов, а с другой, – соблюдение сроков ввода и норм продолжительности строительства сооружений.

Календарный план в линейной форме проектируется в виде линейного графика. При этом в левой части приводится таблица исходных данных (см. табл. 17.1), а в правой изображаются работы в виде горизонтальных линий, построенных в масштабе времени. Причем работы, выполняемые в одну смену, изображаются одной линией, а работы, выполняемые в две смены, – двумя параллельными линиями. Над ними указывается количество исполнителей (рабочих, машинистов) и количество смен их работы, например, 2х1 или 4х2 и т.д. Общую продолжительность строительства сооружения по графику необходимо, как отмечалось, сравнить с нормативной по СНиП и если она превышает нормы, то календарный план следует корректировать с целью сокращения сроков работ. Общую продолжительность работ по графику можно сократить за счет интенсификации работ: увеличением сменности, количества рабочих, машин и механизмов или их производительности (выработки); разделения фронта работ на дополнительные захватки, что позволяет ускорить начало последующих работ.

Для оценки календарного плана по потреблению трудовых ресурсов строят так называемый график движения рабочей силы в виде суммирующей эпюры под графиком производства работ, где в каждый отрезок времени суммируется количество рабочих, указанное над линиями графиков работ. При этом календарный план оценивают по коэффициенту неравномерности движения рабочих.

$$K_p = N_{\max}/N_{\text{ср}}$$

$N_{\max}$  – максимальное число рабочих, чел,  $N_{\text{ср}}$  – среднее число рабочих.

Календарный план по этому показателю признается удовлетворительным, если  $K_p$  не превышает 1,5.

В целом при разработке графика производства работ в составе календарного плана надлежит руководствоваться следующими четырьмя принципами увязки и совмещения работ: *первый принцип* – работы необходимо планировать в строгой технологической последовательности их выполнения с обязательным соблюдением правил охраны труда; *второй принцип* – обеспечивать поточно-параллельное и совмещенное выполнение работ, причем выполнение технологически не связанных между собой работ планировать параллельно, а технологически связанных – совмещенно (путем деления фронта работ на участки или захватки); *третий принцип* – сроки строительства объекта по календарному плану не должны превышать нормативных или директивных. Нормативные указаны в СНиП, а директивные устанавливаются заказчиком; *четвертый принцип* – необходимость обеспечения в целом по графику равномерного потребления строительных ресурсов и особенно трудовых с тем, чтобы бригады равномерно без перерывов переходили с одного участка работы на другой при соблюдении общей точности строительного производства.

Составление (вычерчивание) графика следует начинать с ведущей работы или процесса (например, при строительстве водовода или коллектора, - это укладка труб или элементов коллектора, а при возведении сооружения - это укладка бетонной смеси или монтаж сборных железобетонных конструкций), от которых главным образом зависит общая продолжительность строительства объекта. При необходимости продолжительность ведущего процесса сокращают путем увеличения смежности и числа механизмов или числа исполнителей на ручных работах. В зависимости от сложности и неоднородности объекта иногда на графике может быть несколько ведущих процессов. Сроки остальных процессов привязывают к ведущему. Причем, при планировании неведущих процессов возможны в принципе два варианта их выполнения: 1) поточно, в равном или кратном ритме с ведущим потоком; и 2) вне потока.

График работ календарного плана может быть разработан по двум основным схемам увязки и совмещения работ - последовательной и параллельной, учитывая характер и особенности работ.

#### 17.4. Составление калькуляции трудовых затрат

Калькуляция трудовых затрат и заработной платы является основополагающим и необходимым документом, используемым как при оперативном планировании строительного производства (ее используют при составлении нарядов рабочим на выполнение работ), так и при календарном планировании. Из калькуляции принимают состав работ в технологической последовательности, объемы их, а также затраты труда и другие данные.

Калькуляции составляют по общепринятой утвержденной форме (табл. 17.2).

Из общих рекомендаций по составлению калькуляции следует упомянуть следующие. В гр. 1 записывают шифр сборника ЕНиР, из которого принимают нормативные данные. В гр. 2 записываются подлежащие выпол-

нению основные строительно-монтажные работы, обязательно в технологической последовательности их выполнения. Единицы измерения объемов работ (гр. 3) принимаются рекомендуемые в ЕНиР, любые другие не пригодны, так как на них нет нормативных данных в ЕНиР. В гр.4 указываются подсчитанные объемы работ в принятых единицах измерения. В гр. 5 берутся из соответствующих сборников действующих ЕНиР нормы времени (Нвр) в чел-ч. Обычно они в ЕНиР даются в числителе, а в знаменателе – расценка на единицу измерения. Затраты труда в гр. 6 записывают после несложного расчета, т.е. умножения нормы времени (гр. 5) на объем работ (гр. 4). При этом, учитывая что норма времени по ЕНиР дается в чел-ч, а затраты труда необходимо выразить в чел-дн., то полученное значение от такого умножения надо разделить на 8. В гр. 7 записывают расценку за единицу измерения работы по ЕНиР. Зарплата (гр. 8) получается в результате умножения расценки на объем работы. Состав звена и разряды рабочих по специальностям и профессиям (гр.9) также принимаются по рекомендациям сборников ЕНиР.

Таблица 17.2

### Калькуляция трудовых затрат и заработной платы

Обоснование (шифр ЕНиР)	Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ	Норма времени на ед. измерения, чел-ч	Затраты труда на весь объем чел-дн	Расценка на ед. измерения, руб. коп.	Зарплата на весь объем, руб. коп.	Состав звена и разряд рабочих
1	2	3	4	5	6	7	8	9

### 17.5. Составление технологических карт и карт трудовых процессов

**Технологические карты (ТК)**, входящие в состав проектов производства работ (ППР), обычно разрабатывают на сложные виды работ и работы, выполняемые новыми методами. Основное назначение ТК – оказать помощь строителям и проектировщикам при разработке технологической документации. По технологическим картам устанавливают технологическую последовательность строительных процессов, составляют недельно-суточные графики и наряды на производство работ. Их используют как при выполнении строительно-монтажных работ, так и при обосновании продолжительности строительства объектов в календарных планах и сетевых графиках производства работ.

В строительстве различают три вида технологических карт: типовые технологические карты, не привязанные к строящему объекту и местным условиям строительства; типовые технологические карты, привязанные к возводимому зданию или сооружению, но не привязанные к местным условиям; рабочие технологические карты, привязанные к строящемуся объекту и местным условиям строительства.

Технологические карты разрабатывают по единой схеме, рекомендуемой методическими указаниями по разработке типовых технологических карт в строительстве (ЦНИИОМТП. М., 1987). В технологических картах освещены вопросы технологии и организации строительного процесса, ука-

запы потребности в материалах, полуфабрикатах, конструкциях и инструментах, технологические схемы, калькуляции затрат, требования к качеству работ, технико-экономические показатели.

Технологическая карта состоит из восьми разделов, каждый из которых формирует свои условия и требования, совокупное выполнение которых позволяет получить строительную продукцию при максимальной эффективности. В общем случае отдельные разделы технологической карты включают в себя:

1) *область применения* – условия выполнения строительного процесса (в том числе климатические); характеристики конструктивных элементов и их частей или частей зданий и сооружений; состав строительного процесса; номенклатуру необходимых материальных элементов;

2) *организацию и технологию выполнения строительного процесса* – требования к завершённости предшествующего или подготовительного процесса; состав используемых машин, оборудования и механизмов с указанием их технологических характеристик, типов, марок и количества; перечень и технологическая последовательность выполнения операций или простых процессов; схемы их выполнения для получения конечной продукции; схемы расположения приспособлений; состав звеньев или бригад рабочих; схемы складирования материалов и конструкций;

3) *требования к качеству и приемке работ* – перечень операций или процессов, подлежащих контролю; виды и способы контроля; используемые приборы и оборудование; указания по осуществлению контроля и оценке качества процессов;

4) *калькуляцию затрат труда, времени работы машин и заработной платы* – перечень выполняемых операций и процессов с указанием объемов работ; нормы рабочего и машинного времени и расценки; нормативные затраты труда рабочих (чел-ч), времени работы машины (маш-ч) и заработная плата (руб.) (раздельно для рабочих и машинистов);

5) *график производства работ* – графическое выражение последовательности выполнения операций и процессов на основании определенных в калькуляции затрат труда и времени работы машины. При этом следует учитывать возможность повышения производительности труда;

6) *материально-технические ресурсы* – данные о потребности в материалах, полуфабрикатах и конструкциях на предусмотренный объем работ, инструменте, инвентаре и приспособлениях;

7) *технику безопасности* – мероприятия и правила безопасного выполнения процессов, в том числе необходимые проектные проработки для конкретных условий строительства;

8) *технико-экономические показатели* – затраты труда рабочих (чел-ч); затраты времени работы машины (маш-ч); заработная плата рабочих (руб.); заработная плата машинистов (руб.); продолжительность выполнения процессов (смен) в соответствии с графиком; выработка на одного рабочего в смену (в натуральных измерениях); затраты на механизацию (руб.) и др.

Технологические карты должны разрабатываться на базе прогрессивных технологий, с учетом достижений мировой науки и практики; новых

технологических средств, индустриализации и комплексной механизации процессов и должны обеспечивать повышение производительности труда, улучшение качества работ и снижение себестоимости продукции.

Технологические карты разрабатываются ведущими проектными и строительными организациями (или их трестами «Оргтехстрой») на выполнение общестроительных и специальных работ, продукцией которых являются законченные конструктивные элементы здания или сооружения. В ряде случаев ТК также разрабатывают на комплексные строительно-монтажные процессы (например, на прокладку 100 м трубопровода или коллектора). Карты рассматриваются и утверждаются в составе ППР. При необходимости многократного применения технологические карты рассматриваются техническими советами строительных организаций с последующим утверждением в министерстве или Госстрое.

**Типовые технологические карты (ТТК)** разрабатывают для обеспечения строительства типовых и многократно повторяющихся зданий, сооружений и их частей рациональными решениями по организации и технологии строительного производства, способствующими повышению производительности труда, улучшению качества и снижению себестоимости работ.

Разрабатывают ТТК ведущие проектные и строительные организации (тресты «Оргтехстрой») по заданию министерств и ведомств. Паспорта на утвержденные ТТК, рекомендованные к применению, публикуются в строительном каталоге. Организационно-технологические решения, принятые в ТТК, обеспечивают высокие технико-экономические показатели, качество и безопасность выполнения работ в соответствии с требованиями действующих норм и правил строительного производства.

Карты трудовых процессов (КТП) разрабатываются для массового внедрения в строительное производство рациональных форм организации труда, высокопроизводительных методов и приемов труда на научной основе, способствующих увеличению выработки рабочих, улучшения качества и снижению себестоимости работ. КТП предназначаются для обучения рабочих непосредственно на стройках. Они используются при разработке технологических карт, карт организации труда, ППР, при разработке и внедрении на стройках мероприятий по научной организации труда. КТП разрабатываются на простой рабочий процесс, представляющий собой совокупность операций, организационно объединенных в определенной технологической последовательности, результатом которого является получение части строительной продукции.

Карта трудового процесса обычно состоит из пяти разделов: 1) назначение и эффективность применения карты; 2) исполнитель и орудия труда; 3) подготовка процесса и условия его выполнения; 4) технология и организация процесса; 5) приемы труда. Одним из основных и важных являются четвертый и пятый разделы. Примеры графика трудового процесса, схемы организации рабочего места и основные приемы труда из КТП на монтаж стеновых панелей емкостных водопроводно-канализационных сооружений приведены на рис. 17.2. Пример схемы организации рабочего места, а так-

На установку панели площадью от 12 до 14 м<sup>2</sup>

№ сл.	Наименование операции	Презентация																						Продолжительность, мин.	Затраты труда, чел.-ч.		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23	
1.	Подготовка, строповка и вывешивание панели к месту установки																									18	18
2.	Устройство растворяющей постели																									4,5	4,5
3.	Привес и установка панелей																									4,5	4,5
4.	Выверка панелей и амстробирование верхнего стыка																									7,5	15
5.	Расстробовка панелей																									9	18
6.	Работа на приводе панели																									1,5	3
Итого за панель																									67,5		

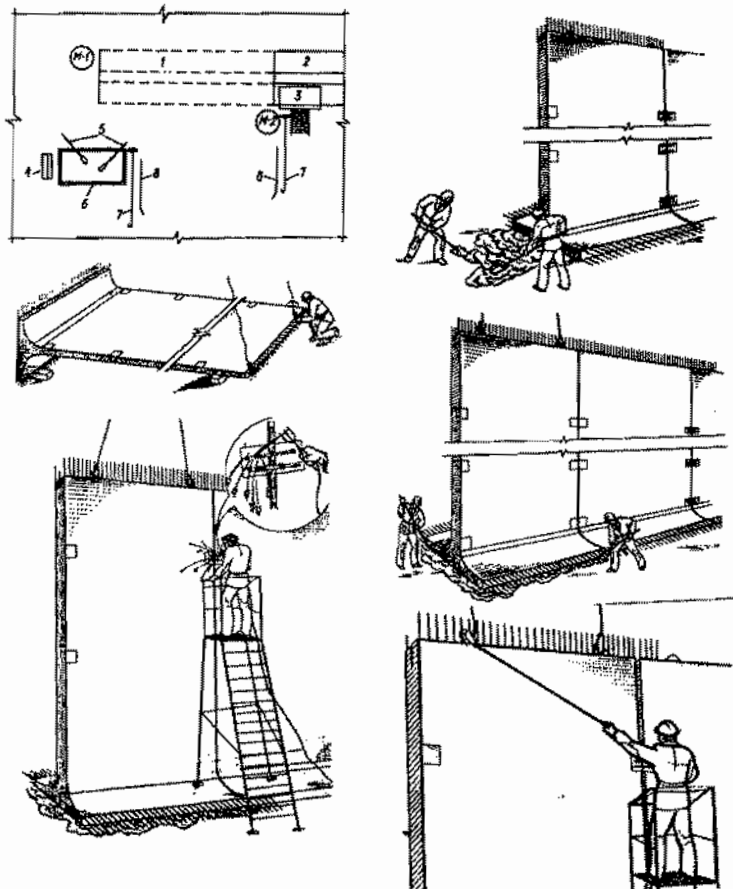


Рис. 17.2. Основные фрагменты карты трудовых процессов (КТП) на монтаж стеновых панелей емкостных водопроводно-канализационных сооружений: а - график трудового процесса монтажа стеновых панелей (площадью от 12 до 14 м<sup>2</sup>); б - схема организации рабочего места; в, г, д, е, ж - основные приемы труда при строповке панели (в), устройстве растворяющей постели (с), выверке и сварке верхнего стыка (г), приеме и установке панели (д) и расстробовке панели (ж); 1 - место установки панели; 2 - установленная панель; 3 - площадка монтажника; 4 - ящик с инструментом; 5 - лопата; 6 - ящик с раствором; 7 - крюк захватный; 8 - лом монтажный; М-1, М-2 - рабочее место монтажников



же приемов труда из КТП по ручной сварке секций стальных труб в плеть приведена рис. 17.3. График этого трудового процесса дан в табл. 17.3. Электроприхватку секций труб выполняет электросварщик Э-1 равномерно по периметру длиной 70 ... 80 мм. После этого он с помощью крана-трубоукладчика снимает звенный центратор.

Таблица 17.3

**График трудового процесса электродуговой ручной сварки секций в плеть (1 стык труб диаметром 630 мм)**

Наименование операций	Продолжительность, мин	Затраты труда, чел.-мин	Время, мин				
			10	20	30	40	50
Электроприхватка секций (последующий стык)	12	12,0					
Сварка корневого слоя и части среднего слоя (последующий стык)	24	24,0		Э-1			
Очистка шва от шлака	5	5,0			Э-1		
	10	10,0		Э-2			
Сварка среднего и облицовочного слоев (предыдущий стык)	31	31,0	Э-2		Э-2		
Нанесение клейма	4	8,0				Э-1	
Проход к следующему стыку	2	4,0					Э-2
<b>Итого на 1 стык</b>	<b>94,0</b>						
ПЭР и отдых (21%)	25,0						
<b>Всего</b>	<b>119,0</b>						

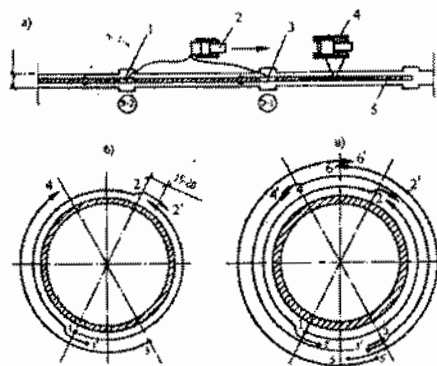


Рис. 17.3. Пример карты трудовых процессов на сварку секций стальных труб в плеть: а - схема организации рабочего места; б - приемы труда электросварщиков при сварке корневого слоя шва; в - то же, при сварке среднего и облицовочного слоя шва; 1,3 - предыдущий и последующий стыки; 2 - сварочная установка УС-21; 4 - кран-трубоукладчик; 5 - трубопровод; Э-1, Э-2 - места электросварщиков, стрелкой указано направление работ

Сварку корневого и части среднего слоя выполняет также Э-1 с использованием той же сварочной установки. Сварка корневого слоя шва производится сначала на участке 1 – 2; затем на участке 1' - 2' (см. рис. 17.3, б). После зачистки корневого слоя сварщик Э-1 меняет электрод и варит средний слой на участке 3 – 4 до сигнала второго сварщика Э-2. Сварку среднего и облицовочного слоя (предыдущий стык) выполняет второй сварщик Э-2, причем вначале сваривает до конца средний слой шва на участке 3' - 4' и облицовочный слой по всему периметру трубы на участке 5 – 6 и 5' - 6' (см. рис. 17.3, в). Облицовочный слой должен иметь выпуклую форму. Высота усиления шва должна быть не менее 3 мм. Ширина шва должна обеспечивать перекрытие кромок не менее 3 мм в каждую сторону.

После этого Э-1 переходит к следующему стыку и приступает к его прихватке, а Э-2 занимает место Э-1 и продолжает сварку среднего, а затем облицовочного слоя и т.д. Выработка такого звена сварщиков за смену при данной организации труда составляет 9 стыков для труб диаметром 530 мм и 8 стыков для труб диаметром 630 мм. Затраты труда на прихватку и сварку одного стыка труб диаметром 530 мм 1,77 чел-ч, а труб 630 мм – 2,0 чел-ч.

Карты трудовых процессов разрабатывают ведущие проектно-технологические институты и, в частности, ВНИПИ труда в строительстве и др.

### Библиографический список

1. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л., Стройиздат. Ленинградское отделение. 1990.
2. Афанасьев А.А., Данилов Н.Н. и др. Технологи́я строительных процессов /Под ред. Н.Н. Данилова и О.М. Терентьева. М., Высш. шк., 1997.
3. Белецкий Б.Ф. Технологи́я строительных и монтажных работ. М., Высш. шк., 1986.
4. Белецкий Б.Ф. Организа́ция строительных и монтажных работ. М., Высш. шк., 1989.
5. Белецкий Б.Ф. Технологи́я и организа́ция строительства водопроводных и канализационных сетей и сооружений. М., Стройиздат, 1992.
6. Белецкий Б.Ф. Технологи́я прокладки, трубопроводов и коллекторов различного назначения. М., Стройиздат, 1992.
7. Белецкий Б.Ф., Зотов Н.И., Ярославский Л.В. Конструкци́я водопроводно-канализационных сооружений /Под ред. Б.Ф.Белецкого. М., Стройиздат, 1989.
8. Владыченко Г.П., Белецкий Б.Ф. Технологи́я строительства водопроводных и канализационных сооружений. Киев, Выща. шк., 1982.
9. Гурковский Г.М. Технологи́я строительства водопроводно-канализационных сооружений. Проектирование. Киев, Выща. шк., 1980.
10. Литвинов О.О., Беляков Ю.И. и др. Технологи́я строительного производства /Под ред. О.О. Литвинова и Ю.И. Беляков. Киев, Выща. шк., 1985.
11. Салов Ю.З., Замятин Г.В. Инженерные сооружения и основы строительного производства. Л., Стройиздат, Ленинградское отделение, 1989.
12. Штоль Т.М., Теличенко В.И., Фекли́н В.И. Технологи́я возведения подземной части зданий и сооружений. М., Стройиздат, 1990.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
<b>РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. Технология строительных процессов.....</b>	<b>5</b>
Глава 1. Основные понятия и положения, принятые в технологии строительного производства.....	5
Глава 2. Процессы земляных работ.....	24
Глава 3. Процессы устройства оснований и фундаментов.....	109
Глава 4. Процессы бетонных и железобетонных работ.....	142
Глава 5. Процессы каменных работ.....	171
Глава 6. Процессы монтажа строительных конструкций.....	183
Глава 7. Процессы отделочных работ.....	196
Глава 8. Процессы защитных изоляционных и кровельных работ.....	202
<b>РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. Технология возведения сетей и сооружений.....</b>	<b>214</b>
Глава 9. Строительство наружных сетей трубопроводов. Основные положения.....	214
Глава 10. Технология прокладки трубопроводов из неметаллических труб.....	232
Глава 11. Прокладка трубопроводов из металлических труб.....	259
Глава 12. Бестрашнейная прокладка труб под дорогами и другими преградами.....	287
Глава 13. Монтаж надземных трубопроводов и прокладка дюкеров.....	314
Глава 14. Испытание и приемка напорных и самотечных трубопроводов.....	327
Глава 15. Технология строительства основных сооружений систем водоснабжения и водоотведения.....	335
Глава 16. Монтаж технологического оборудования сооружений.....	488
Глава 17. Организация строительно-монтажных работ. Основные понятия и положения.....	399
Библиографический список.....	414

Учебное издание

**профессор Борис Федорович Белецкий**

# **ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Редактор: Гладкова О.А.

Компьютерная верстка: Матвеев Д. А., Лютова Е.М.

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 15.02.01 Подписано к печати 15.08.01. Формат 60х90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 26. Заказ № 1882. Тираж 5000 экз.

Налоговая льгота — общероссийский классификатор продукции  
ОК-005-93, том 2; 953000 — книги, брошюры

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)

129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

т/ф: (095)183-57-42

e-mail: [iasv@norna.ru](mailto:iasv@norna.ru)

Отпечатано в ППП Типография "Наука"

121099, Москва, Шубинский пер., 6

# ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА



Б.Ф. БЕЛЕЦКИЙ