

Б. Ф. БЕЛЕЦКИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Издание четвертое,
стереотипное

ДОПУЩЕНО
Министерством образования РФ
в качестве учебника для студентов вузов,
обучающихся по направлению
«Строительство»



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР
2022

ББК 38.6я73

Б 43

Белецкий Б. Ф.

Б 43 Технология и механизация строительного производства: Учебник. 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2022. — 752 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-1256-3

В учебнике рассмотрены вопросы технологии производства общестроительных, монтажных и специальных работ, выполняемых при прокладке сетей и устройстве сооружений систем водоснабжения и водоотведения, даны основные сведения о применяемых в строительстве машинах и механизмах. Приведена современная технология прокладки сетей напорных и безнапорных водоводов и коллекторов из металлических и неметаллических труб различных диаметров, включая траншейную их прокладку, а также устройство переходов труб через различные препятствия — надземные переходы, дюкеры. Подробно описана технология возведения сооружений из монолитного и сборного железобетона, монтажа технологического оборудования, санитарно-технических систем зданий, даны краткие сведения по организации строительно-монтажных работ.

Учебник предназначен для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство».

ББК 38.6я73

Рецензенты:

С. Г. ГОЛОВНЕВ — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета, заслуженный деятель науки и техники РФ; *Е. М. КУДРЯВЦЕВ* — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Строительные и подъемно-транспортные машины» Московского государственного строительного университета; *В. Е. КОСЬЯНОВ* — академик, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей и оборудования» Ростовского государственного строительного университета.

Обложка

А. В. ПАНКЕВИЧ

*Охраняется законом РФ об авторском праве.
Воспроизведение всей книги или любой ее части
запрещается без письменного разрешения издателя.
Любые попытки нарушения закона
будут преследоваться в судебном порядке.*

© Издательство «Лань», 2022

© Б. Ф. Белецкий, наследники, 2022

© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Эта книга написана автором на базе своего учебника «Технология строительного производства», выпущенного в 2001 г. издательством Ассоциации строительных вузов (АСВ) (г. Москва) с грифом Министерства образования РФ для студентов, обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение» с добавлением нового раздела по строительным машинам и механизмам, ряда новых глав и подразделов. Это вызвано необходимостью подготовки и издания нового единого комплексного учебника по предусмотренной образовательным стандартом дисциплине «Технология и механизация строительного производства». Изложение в данном учебнике сведений о применяемых строительных машинах и механизмах и об используемых технологиях выполнения строительных, монтажных и специальных работ создаст необходимые условия для нормального учебного процесса при изучении данной дисциплины. До этого студенты вынуждены были пользоваться двумя учебниками, что не всегда было удобно.

Данный учебник по своей структуре и содержанию состоит из трех основных разделов и полностью соответствует требованиям утвержденного образовательного стандарта.

В первом разделе приведены общие сведения о применяемых в строительстве машинах и механизмах, даны схемы и описаны конструкции устройства транспортных и погрузочно-разгрузочных машин, землеройных машин и оборудования для свайных работ, грузоподъемных, водопонижительного и водоотливного оборудования, машин для бетонных и отделочных работ. Приведены также основные положения по эксплуатации строительных машин.

Во втором разделе изложены основные понятия и положения, принятые в технологии строительного производства, а также описана технология выполнения производственных процессов основных общестроительных работ, в том числе: земляных, по устройству оснований и фундаментов, свайных, бетонных и железобетонных, каменных, монтажных, отделочных, защитных, изоляционных и кровельных.

В третьем разделе описана технология прокладки сетей и строительства 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 малых и больших диаметров. Должное внимание в разделе уделено специальным вопросам, в том числе бестраншейным методам прокладки труб под дорогами и другими преградами, устройству надземных переходов трубопроводов и прокладке дюкеров через «сухие» овраги и водные преграды, испытанию и приемке напорных и самотечных трубопроводов. Учитывая специальность студентов и 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 опускным и способом «стена в грунте», водонапорных башен и градирен, коллекторов и т. п.

Описан также монтаж технологического оборудования водохозяйственных сооружений и монтаж внутренних сантехсистем зданий.

В з а к л ю ч е н и е, согласно рекомендациям нового образовательного стандарта, приведены краткие сведения об организации строительного-монтажных работ (СМР), в том числе подготовка к их производству, календарное планирование, основы выполнения СМР точными методами, составление графиков производства работ, калькуляций трудовых затрат, технологических карт и карт трудовых процессов.

По всем видам рассмотренных в учебнике работ в соответствии с программой курса приводятся краткие сведения об особенностях их производства в зимний период, а также требования к их качеству, технике безопасности и охране труда.

Методологической особенностью учебника является комплексное изложение вопросов технологии выполнения 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 внутренних сантехсистем зданий.

При написании учебника автором учтены новейшие достижения науки и техники в области технологии и механизации строительного производства, передовой опыт строительных, проектных и науч-

но-исследовательских организаций, научные труды и методические разработки ведущих специалистов, а также опыт автора по подготовке и изданию в 1986 и 1989 гг. двух вузовских учебников по технологии и организации СМР, учебника для техникумов и других печатных работ, изданных в разные годы. Следует отметить, что многие вопросы технологии и организации водопроводного строительства получили свое отражение в трудах ряда известных отечественных 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. Ширин, 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, организации и механизации строительства: В. А. Афанасьева, А. А. Афанасьева, С. С. Атаева, Н. Г. Аммосова, Г. А. Айрапетова, М. С. Будникова, Ю. И. Белякова, Д. П. Волкова, С. Г. Головнева, Е. И. Евдокимова, С. П. Епифанова, Н. Г. Домбровского, С. С. Добронравова, В. Г. Дронова, А. С. Фиделева, Э. И. Кузина, Ю. М. Лейбфрейда, О. О. Литвинова, В. Н. Сизова, Н. А. Смирнова, А. В. Сошина, В. И. Швиденко, Т. М. Штоля, Т. Н. Цая и др. Труды этих ученых также были учтены при подготовке данного учебника.

Место курса среди 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 разных условиях практики.

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

Автор выражает свою благодарность коллективу кафедры «Технология строительного производства» Челябинского государственного технического университета (зав. кафедрой — д-р техн. наук, проф. С. Г. Головнев) Е. М. Кудрявцеву, проф., доктору техн. наук, зав. кафедрой «Строительные и подъемно-транспортные машины» Московского государственного строительного университета и акад. В. Е. Касьянову, проф., доктору техн. наук, зав. кафедрой Ростовского государственного строительного университета за ценные замечания, полученные советы и предложения, направленные на улучшение качества учебника.

Раздел первый

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ИНДЕКСАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Классификация. В строительном производстве используется большое число строительных машин и механизмов, различающихся между собой по различным признакам, в том числе: по назначению, конструкции, принципу действия, размерам, рабочим параметрам и др. Рассмотрим основы классификации современных строительных машин и оборудования.

По назначению, т.е. технологическому признаку, машины подразделяются на: транспортные; транспортирующие; погрузочно-разгрузочные; грузоподъемные; землеройные; для свайных работ; для приготовления, транспортирования, укладки и уплотнения бетонных и растворных смесей; для уплотнения грунтов; для ремонта и содержания дорог; для отделочных работ; ручные машины. Каждая из этих групп машин делится на подгруппы, например, в составе машин для земляных работ можно выделить экскаваторы, бульдозеры, скреперы, грейдеры и др. В свою очередь, внутри подгрупп машин отдельные их типы различаются конструкцией узлов или машин в целом (экскаваторы одношовые и многошовые, причем первые могут быть с прямой и обратной лопатой, грейфером, драглайном, погрузчиком, а многоковшовые — роторными или цепными, с продольным или поперечным копаньем и т.п.). Каждый тип машины имеет ряд типоразмеров (моделей или марок), близких по конструкции, но отличающихся по отдельным параметрам, например, по вместимости ковша, радиусу или глубине копания, размерам, массе, мощности, производительности. При изготовлении машин одного типоразмера широко используются стандартные детали, узлы и унифицированные сборочные единицы.

По режиму работы, или принципу действия, различают машины периодического (циклического) и непрерывного действия. К первым относятся машины, выполняющие свою работу посредством периодического и многократного повторения одних и тех же рабочих и холостых операций с циклической выдачей продукции. К ним относятся экскаваторы, бульдозеры, скреперы, монтажные краны и др. Машины непрерывного действия выполняют рабочие операции непрерывно (без холостых операций) и выдают или транспортируют продукцию непрерывным потоком. К ним относятся многоковшовые цепные и роторные экскаваторы, землесосные снаряды, бетононасосы, растворонасосы, конвейеры и др. Машины циклического действия отличаются универсальностью и приспособленностью к работе в различных производственных условиях, а машины непрерывного действия — высокой производительностью.

По степени подвижности машин они делятся на переносные, стационарные и передвижные, в том числе прицепные, полуприцепные и самоходные.

По типу ходового устройства машины подразделяются на гусеничном, автомобильном, рельсовом ходу, шагающие и комбинированные.

По виду силового оборудования машины бывают работающие от электрических и двигателей внутреннего сгорания. Электрические всегда готовы к работе, но для них требуются источники электроэнергии, двигатели внутреннего сгорания при наличии топлива (бензинового или дизельного) являются полностью автономными и не зависят от источников энергии, в чем их определенное преимущество. Многие строительные машины имеют комбинированный привод с использованием гидравлических и пневматических двигателей. К таким относятся дизель-электрические, дизель-гидравлические или пневматические, электрогидравлические, электропневматические и др.

По количеству двигателей машины бывают одномоторные, когда все механизмы работают от одного двигателя, и многомоторные, когда для каждого из них предусмотрен свой двигатель.

По системам управления различают машины с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным управлением и посредством соответствующих устройств.

По степени универсальности выпускаются машины универсальные, т.е. многоцелевого назначения, оснащенные различными видами съемного рабочего оборудования, и имеющие только один вид такого оборудования. К многоцелевым, например, относятся универсальные одноковшовые экскаваторы, имеющие различные виды съемных,

рабочих органов (прямая лопата, обратная, драглайн, грейфер, кран и т.п.), а к одноцелевым — дробильные машины, бетононасосы, бетоно- и растворонасосы.

По степени автоматизации различают машины с механизированным управлением, с автоматизированным управлением, с автоматизированным управлением при помощи микропроцессоров и мини-ЭВМ. В последние годы появились строительные манипуляторы и работы, а также роботизированные машины и комплексы.

Наряду с вышеприведенной общей классификацией строительных машин, в следующих главах учебника будет приведена более подробная классификация применительно к конкретным машинам.

Индексация строительных машин. На все выпускаемые строительные машины имеется единая система индексации, в соответствии с которой каждой машине присваивается свой индекс или марка, включающие буквенные и цифровые обозначения. Это облегчает выбор машин на практике. Буквенная часть индекса указывает на вид машин, а цифровая — на технические их характеристики. Например, буквенный индекс экскаваторов одноковшовых — ЭО, экскаваторов траншейных роторных — ЭТР, цепных — ЭТЦ, землеройно-транспортных машин — ДЗ, машин для подготовительных работ и разработки мерзлых грунтов — ДП, кранов стреловых — КС, башенных — КБ, оборудования для погружения свай — СП, бурильных машин — БМ, для отделочных работ — СО, лебедок — ТЛ, погрузчиков многоковшовых — ТМ и одноковшовых — ТО, подъемников — ТП; конвейеров и питателей — ТК, машин для уборки и очистки городов — КО, ручных машин электрических — ИЭ, пневматических — ИП, вибраторов — ИВ и т. д.

После цифровой части индекса, указывающей на техническую характеристику машины, могут быть также приведены дополнительные буквы, обозначающие вид ее специального исполнения, а также порядковую модернизацию машины и другие дополнительные сведения.

1.2. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Каждая строительная машина состоит из: *рабочего оборудования*, непосредственно выполняющего технологическую операцию; *ходового оборудования* для передвижения машины; *силового оборудования* (двигателя), приводящего в действие рабочее и ходовое оборудова-

ние; *передаточных механизмов (трансмиссии)*, связывающих рабочее и ходовое оборудование с силовым; *системы управления* для включения и выключения, реверсирования и изменения скорости механизмов и рабочего органа машины; рамы, на которой установлены все узлы и механизмы машины.

Основное силовое оборудование современных строительных машин — это: электродвигатели постоянного или переменного тока с питанием от внешней силовой сети; двигатели внутреннего сгорания (ДВС), карбюраторные или дизельные, используемые чаще всего на самоходных машинах. Электродвигатели отличаются удобством пуска и управления, простотой реверсирования, экономичностью и пригодностью для индивидуального привода отдельных механизмов машин. Но для таких машин должны быть до начала работ подведены сети электроэнергии нужного напряжения, что не всегда возможно. В этом отношении дизельные двигатели имеют много преимуществ, и не случайно сейчас они находят широкое применение, особенно на самоходных строительных машинах (стреловых кранах, экскаваторах), входят в состав комбинированного дизель-электрического привода. При этом индивидуальные электрические приводы каждого рабочего механизма при многомоторном приводе получают электроэнергию от генератора тока, получающего вращение от дизеля. Дизель-электрический привод не связан с внешними силовыми сетями, упрощает кинематическую схему машин по сравнению с одномоторным приводом, так как не требуются сложные механические трансмиссии. При этом обеспечивается в широком диапазоне плавное бесступенчатое регулирование рабочих скоростей исполнительных механизмов. Дизели получили широкое применение еще и потому, что они в 1,3–1,5 раза более экономичны, имеют более высокий (на 30–40 %) КПД и способны работать на более дешевом топливе.

Однако двигатели внутреннего сгорания имеют ряд существенных недостатков. Это прежде всего невозможность реверсирования (изменения направления вращения вала) и пуска под нагрузкой, небольшой диапазон регулирования скорости и крутящего момента, большая чувствительность к перегрузкам, сложность пуска при низких температурах, сравнительно малый срок службы (3000–4000 ч), высокая стоимость эксплуатации.

Трансмиссии или передачи представляют собой систему механизмов для передачи энергии от двигателя к исполнительным органам машины с изменением скоростей, крутящих моментов, направления и вида движения. В зависимости от способа передачи этой энергии трансмиссии бывают механические, электромеханические, гидравлические и

пневматические. В наиболее распространенных механических передачах чаще всего используются передачи вращательного движения, либо за счет трения (фрикционные и ременные), либо за счет зацепления (зубчатые, червячные, цепные и винтовые). В каждой передаче вал, передающий мощность, называется *ведущим* (входным), а воспринимающий ее — *ведомым* (выходным).

Основными параметрами передач являются мощность на ведущем и ведомом валах, а также быстроходность, т. е. угловая скорость или частота вращения ведущего и ведомого валов. Передачи могут быть с постоянным и переменным (регулируемым) передаточным числом, определяемым как отношение частот вращения одного вала к другому. Различают понижающие (редукторные) и повышающие (мультипликаторные) передачи. В строительных машинах чаще используются понижающие передачи.

Фрикционные передачи работают за счет сил трения возникающих в точке контакта цилиндрических, конических и клиновых катков при взаимном их прижатии друг к другу с необходимым усилием.

Ременные передачи состоят из ведущего и ведомого шкивов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга и охватываемых одним или несколькими кольцевыми ремнями из гибких и прочных материалов (прорезиненные, полиамидные, кожаные и др.). Чаще всего в строительных машинах используются клиноременные передачи как обеспечивающие передачу больших мощностей при больших передаточных числах. В них используются один или несколько ремней, но не более восьми. Необходимое натяжение ремней в процессе работы обеспечивается регулируемыми и автоматически действующими натяжными устройствами. Достоинство ременных передач — простота конструкции и эксплуатации, плавность и бесшумность работы, предохранение механизмов от перегрузки за счет проскальзывания ремня. Основной недостаток — непостоянство передаточного числа.

Зубчатые передачи в общем виде состоят из двух зубчатых колес, находящихся в зацеплении. Ведущее, обычно меньшее, колесо называется *шестерней*, а ведомое большое — *колесом*. По расположению колес передачи бывают с внешним и внутренним зацеплением, с пересекающимися осями — конические зубчатые колеса, с перекрещивающимися осями — цилиндрические винтовые, конические гипоидные и червячные.

В строительных машинах чаще всего применяют цилиндрические зубчатые передачи (рис. 1.1). По сравнению с ременными передачами, зубчатые способны передавать большие мощности, обеспечива-

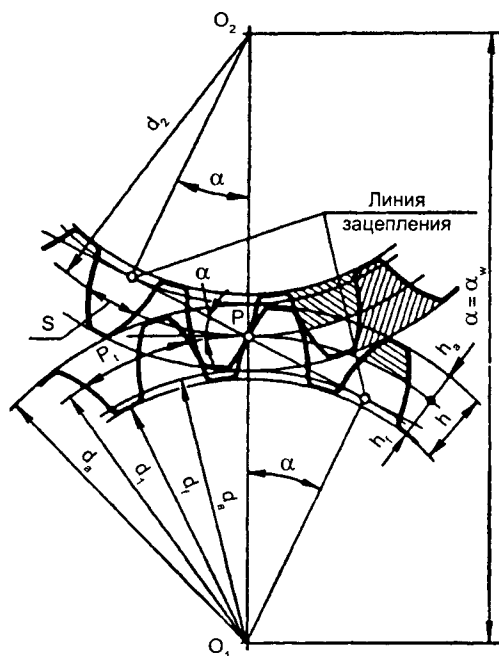


Рис. 1.1. Принципиальная схема зубчатой передачи и геометрии зубчатого зацепления прямозубых цилиндрических колес

ют точность, постоянство и большие передаточные числа, они имеют малые габариты при высоком КПД, они долговечны, надежны и просты в эксплуатации.

Как видно из приведенной на рис. 1.1 принципиальной схемы зубчатой передачи, боковые эвольвентные профили зубьев колес касаются в точке P , называемой *полюсом зацепления*. Эта точка делит линию центров O_1O_2 в отношении, равном передаточному числу u . Окружности диаметрами d_1 и d_2 , касающиеся в точке P , называют делительными и выбирают в качестве базы для определения основных размеров зубчатых колес. Делительная окружность делит зуб по высоте на две части — *головку* и *ножку*. Окружность диаметром d_b , отсекающую на ножке зуба точку, от которой начинается построение эвольвентного профиля, называют основной. Касательная к основным окружностям шестерни и колеса представляет собой геометрическое место точек касания профилей двух соприкасающихся зубьев и

называется *линией зацепления*. Угол α между линией зацепления и перпендикуляром к линии центров колес называют *углом зацепления*.

Геометрические и кинематические параметры зубчатых передач стандартизированы. Основными параметрами их являются: Z_1 и Z_2 — число зубьев шестерни и колеса; $u = Z_2/Z_1$ — передаточное число; P_1 — окружной шаг зубьев (расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности), мм, $m = P/\pi$ — модуль зацепления (основная характеристика размеров зубьев), мм; $h_a = m$ — высота головки зуба, мм; S — толщина зуба по делительной окружности, мм; $d_f = d - 2h_f = m(z - 2, 5)$ — межосевое расстояние колес, мм; $b = (6-10)m$ — ширина рабочей части колес, мм.

1.3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

При выборе машин для производства строительных работ определенного вида и объема за основу принимают их технико-эксплуатационные и технико-экономические показатели, при сопоставлении которых находят оптимальные типоразмеры и количество машин для выполнения требуемых технологических операций.

Основным технико-эксплуатационным показателем является **производительность** машины, определяемая количеством продукции, вырабатываемой машиной в единицу времени (обычно за 1 ч).

Различают три категории производительности машин: конструктивную, техническую и эксплуатационную.

Конструктивная (теоретическая) производительность Π_k представляет собой максимально возможную производительность машины, полученную при расчетных скоростях рабочих движений и нагрузках на рабочий орган при полном отсутствии простоев и при определенных условных факторах.

Производительность машин периодического действия (в $\text{м}^3/\text{ч}$ или в $\text{т}/\text{ч}$)

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

где q — расчетное количество продукции, выдаваемой машиной за один цикл работы, м^3 или т ; n — число циклов работы машины в час; $n = 3600/t_c$; t_c — продолжительность цикла, с; γ — объемная масса (плотность) продукции (материала), $\text{т}/\text{м}^3$.

Конструктивная производительность машин непрерывного действия (в м³/ч или в т/ч)

$$\Pi_k = 3600Fv, \text{ или } \Pi_k = 3600Fv\gamma,$$

где F — расчетное поперечное сечение потока продукции, м²; v — расчетная скорость движения потока, м/с.

Техническая производительность Π_T представляет собой максимально возможную производительность, которая может быть получена в данных конкретных производственных условиях при непрерывной работе машины.

Техническую производительность определяют по приведенным формулам, в которые вводится коэффициент K_T , учитывающий конкретные условия работы:

$$\Pi_T = \Pi_k K_T.$$

Так, конкретными условиями работы одноковшового экскаватора являются категория разрабатываемого грунта, высота забоя, требуемый угол поворота рабочего оборудования в плане, условия разгрузки (в отвал или в транспортные средства).

Эксплуатационная производительность Π_3 определяется реальными условиями использования машины с учетом неизбежных технологических и организационных перерывов в ее работе:

$$\Pi_3 = \Pi_T K_B,$$

где K_B — коэффициент использования машины за определенный промежуток времени:

$$K_B = \frac{T_c - \sum t_n}{T_c},$$

где T_c — полное время работы машины за смену, ч; t_n — время перерывов в работе машины за смену, ч.

Основными технико-экономическими показателями, позволяющими сравнивать качество различных машин одного назначения, являются удельные металлоемкость и энергоемкость и стоимость единицы продукции.

Удельные металлоемкость и энергоемкость машины представляют собой соответственно отношение массы машины и мощности установленных на ней двигателей (двигателя) к единице часовой технической производительности или к ее главному параметру (местимости рабочего органа, грузоподъемности, грузовому моменту и т.п.).

Стоимость единицы продукции определяется как отношение стоимости машино-смены к сменной эксплуатационной производительности машины.

ГЛАВА 2. ТРАНСПОРТНЫЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

2.1. ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ, ТРАКТОРЫ И ПНЕВМОКОЛЕСНЫЕ ТЯГАЧИ

Грузовые автомобили обладают сравнительно большой скоростью передвижения (до 80 км/ч), маневренностью, малым радиусом поворота, могут преодолевать довольно крутые подъемы и спуски, пригодны для работы с прицепами и полуприцепами, а также могут быть оснащены специальными кузовами для перевозки различных грузов и дополнительными механизмами, облегчающими их разгрузку.

Различают автомобили *бортовые, тягачи, самосвалы и специализированные* (трубовозы-плетевозы, битумовозы, бетоновозы, панелевозы и т.д.). Отечественные грузовые автомобили массового производства выполняются по единой конструктивной схеме и состоят из трех основных частей — двигателя, шасси и кузова.

На современных автомобилях применяются двигатели внутреннего сгорания — карбюраторные и дизели, которые преобразуют тепловую энергию, выделяемую при сгорании топлива, в механическую. Шасси состоит из механической ступенчатой трансмиссии (силовой передачи), ходовой части и механизмов управления машиной.

Трансмиссия (рис. 2.1) передает крутящий момент от вала двигателя 2 к ведущим колесам 8, а также приводит в действие различное оборудование, смонтированное на автомобиле. В нее входят: 1) постоянно замкнутая дисковая фрикционная муфта (сцепление) 3, служащая для плавного соединения и быстрого разъединения работающего двигателя с трансмиссией; 2) ступенчатая коробка передач 4, которая выполнена в виде зубчатого редуктора с переменным передаточным числом и предназначена для изменения величины крутящего момента, подводимого к ведущим колесам в зависимости от условий движения, обеспечения движения автомобиля задним ходом и разъединения работающего двигателя с трансмиссией при длительных остановках машины; 3) карданные валы 5 и 6, передающие крутящий момент

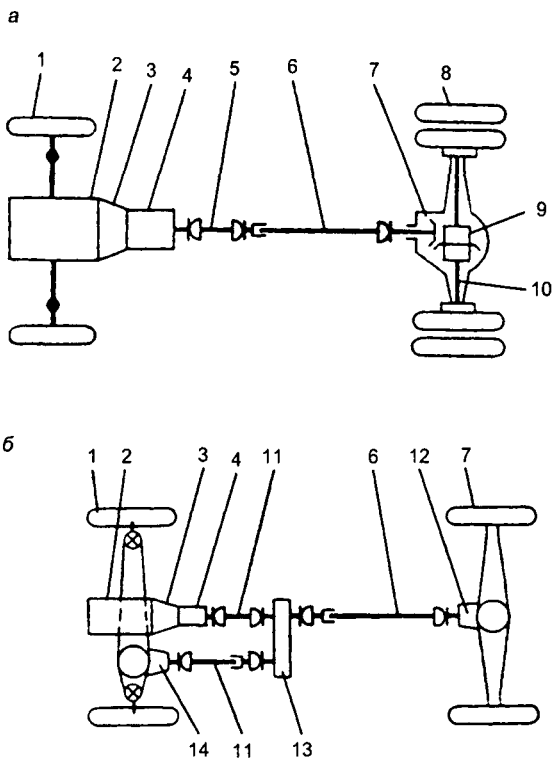


Рис. 2.1. Кинематические схемы грузовых автомобилей:

а — нормальной проходимости; б — повышенной проходимости

под меняющимся углом от коробки передач, укрепленной на раме, к подрессоренному заднему мосту; 4) главная передача 7 (одинарная или двойная), увеличивающая тяговую силу на ведущих колесах; 5) дифференциал 9, служащий для распределения крутящего момента между ведущими колесами и обеспечивающий их вращение с различными угловыми скоростями при движении автомобиля на поворотах и по неровной поверхности; б) полуоси (валы) 10, передающие крутящий момент к закрепленным на них ведущим колесам 8; главная передача, дифференциал и полуоси, заключенные в кожух, называются задним ведущим мостом.

Автомобили нормальной проходимости, приспособленные для работы на шоссе и грунтовых дорогах, имеют один ведущий мост — задний (рис. 2.1, *а*), а автомобили повышенной проходимости — два (передний и задний) или три (передний и два задних) ведущих моста. В трансмиссию автомобиля с двумя ведущими мостами (рис. 2.1, *б*) кроме сцепления 3, коробки передач 4, карданного вала 6 и заднего ведущего моста 12 входят также передний ведущий мост 14 с управляемыми колесами 1 и раздаточная коробка 13, соединенная с ним и коробкой передач карданными валами 11.

В трансмиссиях автомобилей, используемых в качестве базы строительных машин, предусмотрен подвод части мощности двигателя к раздаточному редуктору, имеющему вал отбора мощности для привода навесного рабочего оборудования. Редуктор может приводить в действие гидронасос системы управления навесным оборудованием.

Ходовая часть передает на дорогу силу тяжести автомобиля и осуществляет его поступательное движение. Она состоит из несущей рамы, на которой монтируются все агрегаты, кузов и кабина водителя, переднего и заднего мостов с пневмоколесами и упругой подвески, соединяющей несущую раму с мостами.

Механизмы управления объединены в две независимые системы: рулевую — для изменения направления движения автомобиля посредством поворота передних управляемых колес 1 и тормозную — для снижения скорости и быстрой остановки машины.

Тракторы применяются в строительном производстве для перемещения тяжелых грузов на прицепах по плохим дорогам и пересеченной местности там, где не может пройти автомобиль, а также передвижения и работы навесных или прицепных строительных машин. Различают пневмоколесные и гусеничные тракторы, которые делятся на несколько классов в зависимости от максимального тягового усилия в тс (кН) на крюке трактора при номинальной мощности двигателя. Тракторы, применяемые в строительном производстве, относятся к тяговому классу 1,4 тс (13,8 кН), 3 тс (29,5 кН), 6 тс (59 кН), 9 тс (88 кН), 15 тс (149 кН), 25 тс (345 кН) и 35 тс (343 кН).

Пневмоколесные тракторы обладают сравнительно большими скоростями передвижения (до 40 км/ч), высокой мобильностью и маневренностью; их используют как транспортные машины и как базу для установки различного навесного оборудования (погрузочно-го, кранового, бульдозерного и землеройного), применяемого при производстве землеройных и строительного-монтажных работ небольших объемов на рассредоточенных объектах. Наиболее эффективно

пневмоколесные тракторы используются на дорогах с твердым покрытием. Основной их недостаток — сравнительно высокое удельное давление на грунт (0,2–0,4 МПа), значительно снижающее проходимость машины.

Гусеничные тракторы нашли более широкое применение в строительстве благодаря значительному тяговому усилию на крюке (не менее 3 тс), надежному сцеплению гусеничного хода с грунтом, малому удельному давлению на грунт (0,02–0,06 МПа) и высокой проходимости. Основным недостатком гусеничных тракторов является их тихоходность (не более 12 км/ч).

Основные узлы пневмоколесных и гусеничных тракторов — двигатель, силовая передача (трансмиссия), остов (рама), ходовое устройство, система управления, вспомогательное и рабочее оборудование.

Гусеничные тракторы оснащаются дизелями и карбюраторными двигателями, механическими, гидромеханическими и электромеханическими трансмиссиями.

Расположение двигателя может быть передним, средним и задним.

Пневмоколесные тракторы оснащаются дизелями и карбюраторными двигателями, механическими и гидромеханическими трансмиссиями. По типу системы поворота различают тракторы с передними управляемыми колесами (рис. 2.2, *а*), со всеми управляемыми колесами и с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 2.2, *б*). Наиболее распространены пневмоколесные тракторы с дизелями, механической трансмиссией и передними управляемыми колесами.

Размещение, назначение и устройство основных узлов пневмоколесного трактора с механической трансмиссией и передними управляемыми колесами примерно такие же (за исключением рабочего оборудования), как у рассмотренного выше автомобиля. Пневмоколесные тракторы с шарнирно-сочлененной («ломающейся в плане») рамой обладают высокой маневренностью, малым радиусом поворота и применяются для работы в стесненных условиях. Рама такого трактора (см. рис. 2.2, *в*) состоит из двух полурам — передней 1 и задней 2, соединенных между собой универсальным шарниром 3. Маневрирование машины производится путем поворота передней полурамы относительно задней вокруг вертикальной оси шарнира (на угол 40°) в плане от продольной оси машины с помощью двух гидроцилиндров двустороннего действия. Каждая из полурам опирается на ведущий мост с управляемыми колесами. Трансмиссия тракторов с шарнирно-сочлененной рамой — механическая и гидромеханическая.

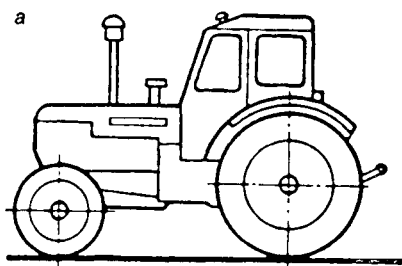
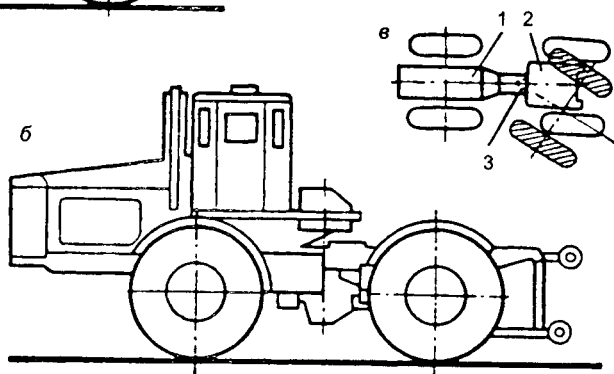


Рис. 2.2. Пневмоколесные трактора:

а — с передними управляемыми колесами; б — с шарнирно-сочлененной рамой; в — схема поворота полурам



Пневмоколесные тягачи предназначены для работы с различными видами сменного навесного и прицепного строительного оборудования. В сравнении с гусеничными тракторами они более просты по конструкции, имеют меньшую массу, большую долговечность, дешевле в изготовлении и в эксплуатации. Большие скорости тягачей (до 50 км/ч), хорошая маневренность в значительной мере способствуют повышению производительности агрегатированных с ними строительных машин.

Различают одноосные и двухосные тягачи. На обоих типах тягачей применяют дизели и два вида трансмиссий механическую и гидромеханическую. Наиболее распространены тягачи с гидромеханической трансмиссией.

Одноосный пневмоколесный тягач состоит из двигателя, трансмиссии и двух ведущих колес. Самостоятельно передвигаться или стоять на двух колесах без полуприцепного рабочего оборудования одноосный тягач не может. В сочетании с полуприцепным рабочим оборудованием такой тягач составляет самоходную строительную машину с передней ведущей осью.

Оба ведущих колеса тягача являются одновременно и управляемыми. Управление сцепом тягач-полуприцеп осуществляет путем пово-

рота тягача на 90° вправо — влево относительно полуприцепа с помощью гидроцилиндров двустороннего действия.

Двухосные тягачи в отличие от одноосных имеют возможность самостоятельно перемещаться без прицепа, работать в агрегате с двухосными прицепами при незначительных затратах времени на их смену. Двухосные четырехколесные тягачи имеют один или два ведущих моста и шарнирно-сочлененную раму. Система поворота полупрам такая же, как и у пневмоколесного трактора (см. рис. 2.2, в).

В конструкциях двухосных тягачей большой мощности (свыше 400 кВт) применяют электромеханические трансмиссии с мотор-колесами.

В мотор-колесах используют электродвигатели постоянного тока, которые питаются током от генератора, приводимого во вращение первичным двигателем-дизелем.

На базе колесных тягачей, используя различное сменное рабочее оборудование, возможно создание многих строительных и дорожных машин (рис. 2.3).

2.2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

При прокладке стальных водоводов одной из основных технологических операций является доставка на трассу труб, плетей и битумной мастики, для чего используются специализированные транспортные средства.

Трубо- и плетевозы. Трубы и сварные секции из труб (плетей) перевозятся специальными автомобильными и тракторными поездами, состоящими из тягача и прицепной тележки — роспуска.

Перевозка труб диаметром до 1020 мм и длиной до 12 м производится автопоездами-трубовозами грузоподъемностью 9 и 10 т.

Перевозка труб диаметром до 1420 мм и длиной до 12 м и трубных секций длиной до 36 м по трассе производится автомобильными и тракторными плетевозами-трубовозами (плететрубовозами) грузоподъемностью 9, 15, 18, 30 т.

Для перевозки плетей диаметром до 1420 мм и длиной до 48 м применяются плетевозы грузоподъемностью 30 и 55 т на базе мощных пневмоколесных тягачей высокой проходимости, у которых все восемь колес — ведущие.

Тягачи и роспуски трубовозов, плететрубовозов и плетевозов оснащены специальным навесным оборудованием для укладки и крепления перевозимых труб и плетей. Тяговое усилие на груженный

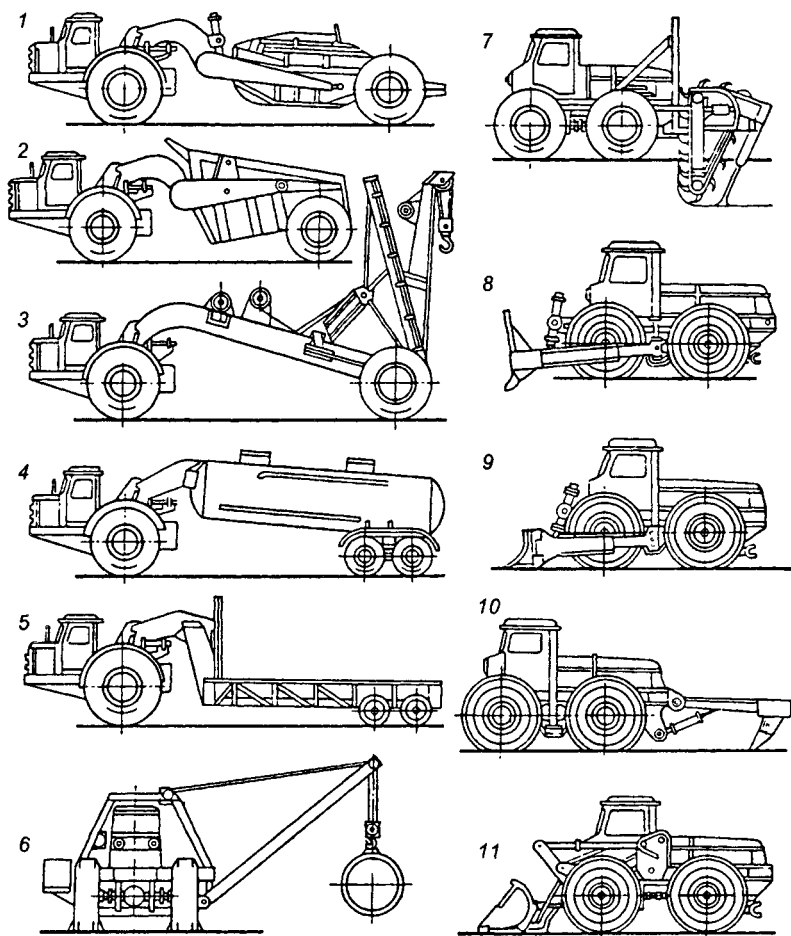


Рис. 2.3. Различные виды сменного оборудования одноосных и двухосных тягачей:

1 — скрепер; 2 — землевозная тележка; 3 — кран; 4 — цистерна для цемента или жидкостей; 5 — трейлер; 6 — кран-трубоукладчик; 7 — траншекопатель; 8 — корчеватель; 9 — бульдозер; 10 — рыхлитель; 11 — погрузчик

прицеп-ропуск передается: у трубовзов — через тягосцепной прибор и жесткое дышло; у плетевозов и плететрубовозов — непосредственно трубами (плетями), закрепленными на тягаче и ропуске.

Автомобильный плететрубовоз (рис. 2.4) состоит из трехосного автотягача 1 повышенной проходимости и двухосного прицепа-ропуска 7. Тяговый автомобиль (рис. 2.4, а) оборудуется надрамником 4 с предохранительным щитом 2 для защиты кабины водителя от повреждений при погрузочно-разгрузочных работах и перевозке труб. На несущей площадке надрамника с помощью вертикального шкворня установлен поворотный коник 5 для укладки труб с двумя переставными стойками-упорами.

Прицеп-ропуск (рис. 2.4, б) состоит из рамы 12, которая через жесткую или рессорную балансирующую подвеску опирается на две оси с одинарными колесами 9, аналогичными колесам тягового автомобиля. Спереди к раме ропуска приварено трубчатое дышло 11 со сцепным устройством для соединения с автомобилем при холостом пробеге и для крепления страхового каната 3, 6 при транспортировке труб и плетей. Для обеспечения устойчивости ропуска при сцепке, расцепке и загрузке дышло его оборудовано винтовой откидной опорой 10. Сверху на раме ропуска на небольшом расстоянии друг от друга установлены два неповоротных коника, подобных по конструкции коник 5 тягача. Стойки-упоры 8 всех трех коников (тягача и ропуска) переставляют в зависимости от количества и диаметра транспортируемых труб и фиксируют в нужном положении шкворнями.

Серийно выпускаемые автомобильные плететрубовозы аналогичны по конструкции и различаются только базовыми тягачами. В настоящее время осваивается выпуск плететрубовозов грузоподъемностью до 19 т, предназначенных для перевозки труб и плетей диаметром до 1420 мм и длиной до 36 м.

Для перевозки труб и плетей в условиях полного бездорожья применяют тракторные плететрубовозы.

Битумовозы предназначены для транспортирования битума или изоляционной битумной мастики (битум с резиновой крошкой) в горячем состоянии от стационарных битумоплавильных котлов к месту изоляции трубопровода.

Битумовоз представляет собой автомобильное, тракторное или специальное шасси, на котором установлена цистерна с системой подогрева, битумной мастики. Битумовозы смонтированы на шасси грузовых автомобилей (автобитумовозы) или на полуприцепах и прицепах к автомобильным тягачам. В условиях бездорожья и слабых грунтов под битумовозы оборудуются специальные гусеничные

а

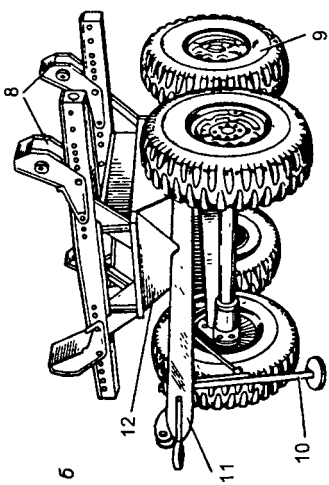
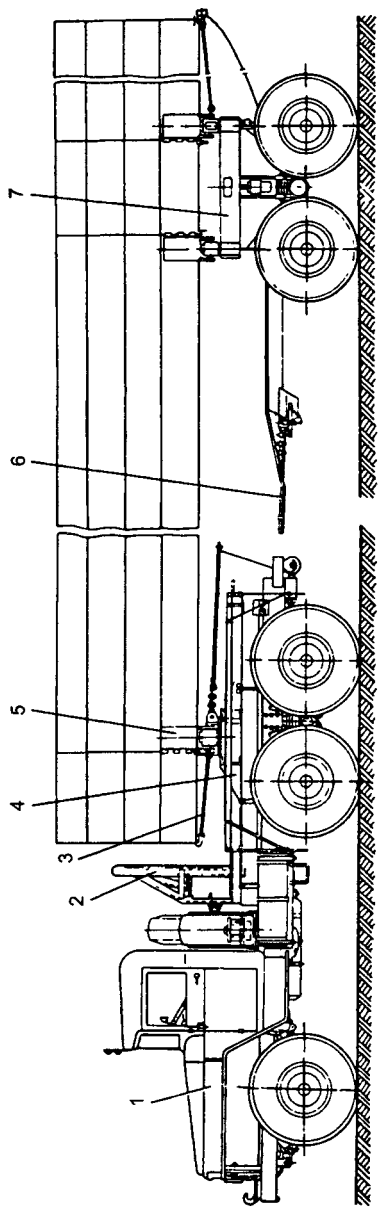


Рис. 2.4. Автомобильный трубоплетевоз:

а — общий вид с трубами; б — прицеп-ропуск

тягачи и тракторные прицепы. Конструкция автобитумовоза показана на рис. 2.5.

Рабочее оборудование битумовозов различных типов по конструкции аналогично. В настоящее время промышленностью выпускаются битумовозы с цистернами вместимостью 4000, 7000 и 9000 л.

Система выдачи мастики расположена в нижней части цистерны и состоит из шестеренного битумного насоса 9 и битумной магистрали с патрубком 8, соединенным с гибким герметичным стальным шлангом 7, через который подается мастика в емкость или в приемное устройство трубоизоляционной машины. На задней стенке цистерны внизу имеется патрубок 6 с краном для аварийного слива мастики.

В процессе эксплуатации автобитумовоза насос и магистраль регулярно промываются растворителем (дизельным топливом). Управление системой выдачи осуществляется из кабины водителя.

Система подогрева для поддержания определенной температуры мастики (рис. 2.5, б) состоит из двух П-образных жаровых труб 12, размещенных внутри цистерны 11, по которым проходят горячие газы от двух стационарных керосиновых горелок 13.

Сантехкабиновозы предназначены для перевозки объемных санитарно-технических кабин на строительные объекты.

Сантехкабиновоз состоит из автомобильного тягача седельного типа и одноосного полуприцепа-корзинки, на низкорасположенную грузовую площадку которого устанавливаются одновременно несколько (три или четыре) кабин. Серийно выпускаемые полуприцепы-сантехкабиновозы имеют грузоподъемность от 6,5 до 12 т и кроме санитарно-технических кабин способны перевозить также различные строительные детали, оборудование.

На рис. 2.6 показан общий вид универсального полуприцепа-сантехкабиновоза грузоподъемностью 6,5 т, работающего с автотягачами мощностью 75–130 л. с. (55–96 кВт).

Кроме описанных средств специализированного автотранспорта при выполнении общестроительных работ применяются также цементовозы, бетоно- и растворовозы, фермо-, плито- и балковозы, контейнеровозы и др.

Техническая производительность средств безрельсового транспорта (т/ч)

$$P_r = \frac{3600QK_r K_{np}}{K_y \sum \frac{7,2l}{v} + t_s + t_p + t_m},$$

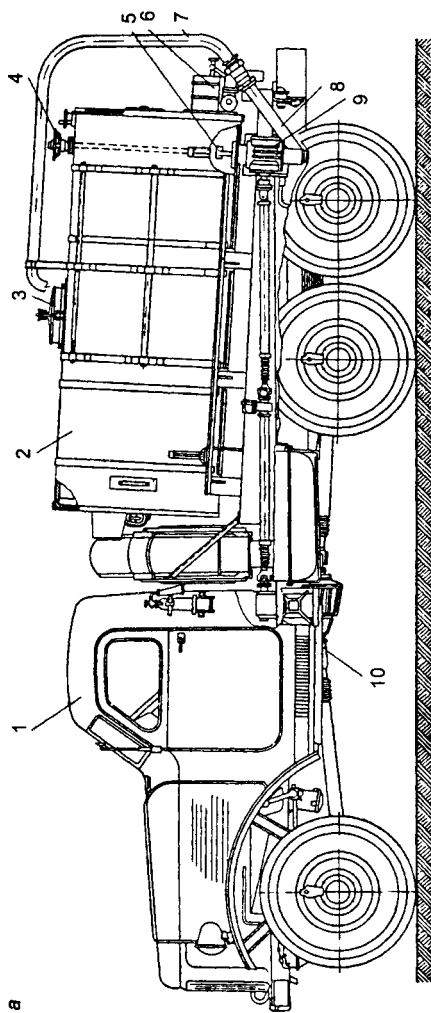
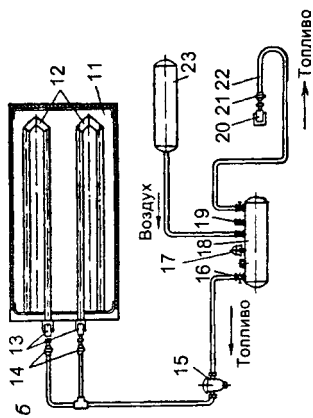


Рис. 2.5. Автобитумовоз:

а — общий вид; б — система подогрева битума; 1 — автомобиль; 2 — стальная цистерна; 3 — люк; 4 — штурвал; 5 — запорный клапан; 6 — патрубок с краном; 7, 22 — гибкие шланги; 8 — штурвал; 9 — битумный насос; 10 — коробка отбора мощности; 11 — емкость цистерны; 12 — жаровые трубы; 13 — горелки; 14, 16, 19, 21 — вентили; 15 — фитиль; 17 — манометр; 18 — бак воздушный; 20 — переносная горелка; 23 — ресивер



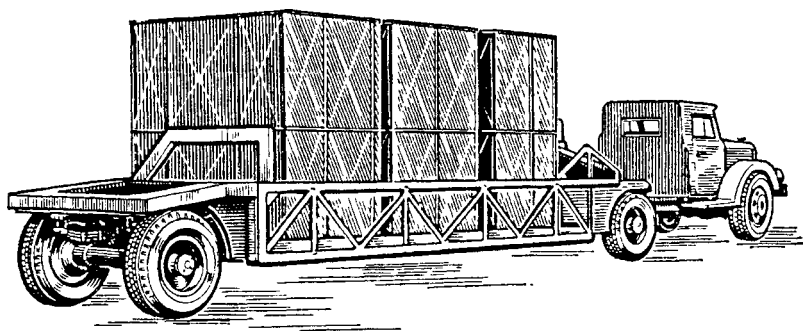


Рис. 2.6. Сантехкабиновоз

где Q — грузоподъемность, т; K_f — коэффициент использования по грузоподъемности; $K_{пр}$ — коэффициент использования по пробегу; K_y — коэффициент, учитывающий затраты времени на разгон и торможение; l — дальность транспортирования; v — скорость движения, км/ч; t_3 , t_p , t_m — соответственно время загрузки, разгрузки и маневрирования, с.

2.3. ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

В строительном производстве для погрузочно-разгрузочных работ широко используются самоходные погрузочные машины — строительные погрузчики.

Различают погрузчики периодического и непрерывного действия; гусеничные (на базе гусеничных тракторов) и пневмоколесные (на базе двухосных тягачей и самоходных шасси); с двигателями внутреннего сгорания и с электродвигателями постоянного тока с питанием от аккумуляторных батарей; с гидравлическим и механическим приводом рабочего оборудования.

Погрузчики периодического действия разделяются на одноковшовые и вилочные. Они выполняют раздельно операции по загрузке, транспортированию и разгрузке материала (груза) с транспортированием их на небольшие расстояния (до 50–60 м) в пределах строительной площадки или склада.

Одноковшовые погрузчики применяются в основном для погрузки–разгрузки, перемещения и складирования насыпных, мелкокусковых материалов и штучных грузов, а также для экскавации и погрузки в

автосамосвалы (или отсыпки в отвал) неслежавшихся грунтов I—II групп и естественного грунта III группы.

По способу разгрузки рабочего органа различают погрузчики:

- 1) с передней разгрузкой (фронтальные погрузчики);
- 2) с боковой разгрузкой: а) с поворотом стрелы на 180° (полуповоротные погрузчики); б) с опрокидыванием ковша на сторону;
- 3) с задней разгрузкой: а) с перекачиванием ковша на разгрузку по направляющим; б) с подъемом ковша на стреле;
- 4) с комбинированной передней и задней разгрузкой.

Наиболее распространены в строительном производстве универсальные фронтальные и полуповоротные погрузчики на пневмоколесном и гусеничном ходу, которые кроме основного рабочего органа — ковша оснащаются еще комплектом быстросъемного сменного рабочего оборудования, обеспечивающего универсальность их применения.

Фронтальные погрузчики (рис. 2.7) выпускаются на гусеничном и пневмоколесном ходу и обеспечивают разгрузку ковша или другого рабочего органа вперед на любой отметке в пределах заданной высоты. Конструкция и принцип действия навесного погрузочного оборудования гусеничных и пневмоколесных погрузчиков аналогичны.

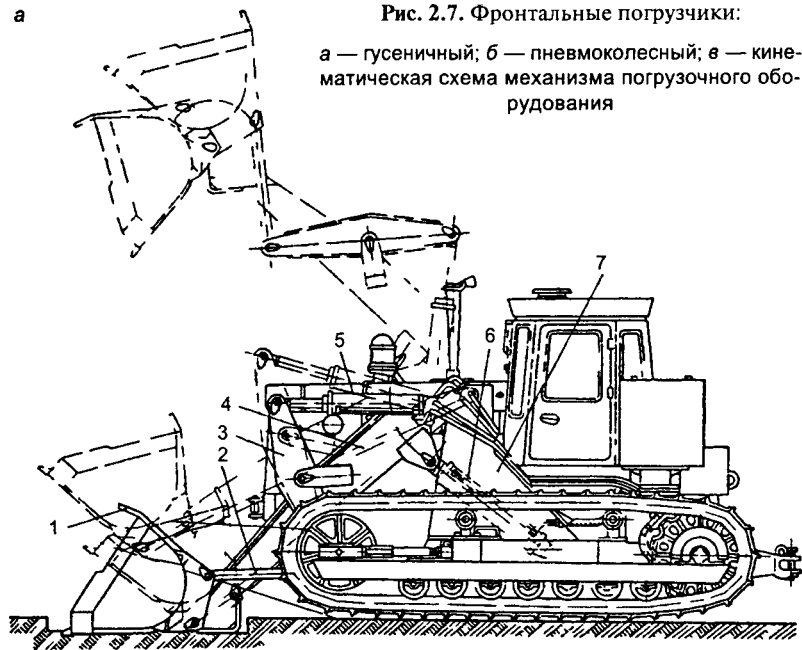
На порталной раме 7, жестко соединенной с основной рамой трактора, в средней его части крепятся шарнирно на пальцах элементы навесного оборудования: стрела 4 и две пары гидроцилиндров (по одному с каждой стороны машины) 6 подъема стрелы и 5 поворота ковша. На стреле П-образной формы монтируется шарнирно-рычажный механизм управления рабочим органом, состоящий из двух пар коромысел 3 и поворотных тяг 2, приводимых в действие от двух гидроцилиндров 5 поворота ковша. На передний конец стрелы и поворотные тяги навешивается сменный рабочий орган (в данном случае — ковш 1), повороты (запрокидывание назад) которого при его внедрении в грунт (материал), наполнении и разгрузке, а также поступательное движение при подъеме и опускании стрелы обеспечиваются шарнирно-рычажным механизмом.

Особенностью погрузчика на базе пневмоколесного трактора с шарнирно сочлененной рамой (см. рис. 2.7, б) является возможность осуществлять погрузку—разгрузку с минимальным маневрированием за счет поворота передней полурамы с рабочим органом на угол до 40° в обе стороны от продольной оси машины. Это позволяет уменьшить более чем наполовину длину транспортных передвижений погрузчика, сократить продолжительность рабочего цикла и соответственно повысить производительность машины. Применение погрузчиков с

а

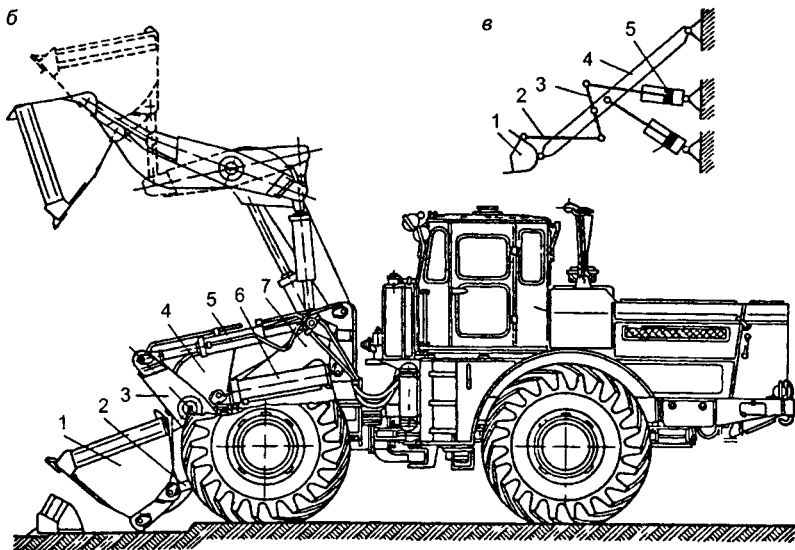
Рис. 2.7. Фронтальные погрузчики:

а — гусеничный; б — пневмоколенный; в — кинематическая схема механизма погрузочного оборудования



б

в



шарнирно-сочлененной рамой особенно целесообразно для работы в стесненных условиях.

Полуповоротный погрузчик (рис. 2.8) обеспечивает разгрузку ковша и других рабочих органов вперед и на обе стороны (на угол 90° и более) от продольной оси машины и состоит из специального пневмоколесного шасси с двумя ведущими мостами и погрузочного оборудования на поворотной платформе. В качестве силовой установки полуповоротного погрузчика (см. рис. 2.8, а) используется дизель 2, устанавливаемый над задним управляемым мостом.

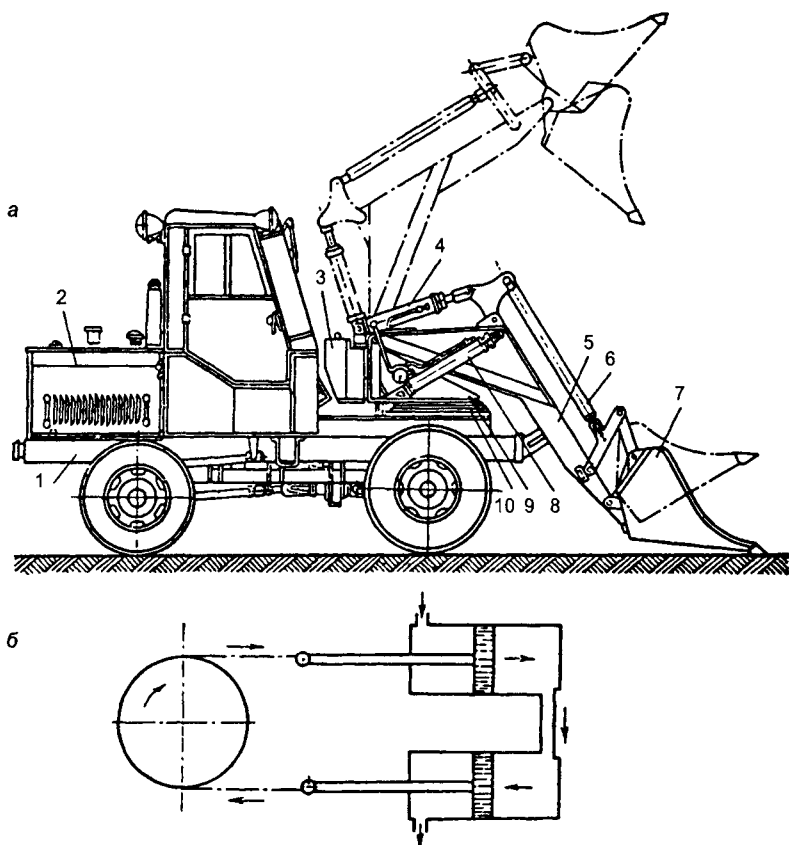


Рис. 2.8. Полуповоротный одноковшовый погрузчик:

а — общий вид; б — схема гидравлического механизма поворота

Поворотная платформа 9 опирается на ходовую раму 1 через шариковый (или роликовый) опорно-поворотный круг 10 и поворачивается вокруг вертикальной оси на 180° двумя гидроцилиндрами, прикрепленными по бокам рамы погрузчика. Штоки гидроцилиндров соединены между собой роликовой цепью, огибающей звездочку поворотной платформы (см. рис. 2.8, б).

На поворотной платформе размещены стрела 5 со сменным рабочим органом 7 и противовес 3. Подъем и опускание стрелы производится гидроцилиндром 8. Сменный рабочий орган навешивается на передний конец стрелы и поворотные тяги шарнирно-рычажного механизма 6. Принудительный поворот ковша (в вертикальной плоскости) относительно стрелы при его наполнении и разгрузке производится при помощи шарнирно-рычажного механизма 6, приводимого в движение гидроцилиндром 4. С помощью этого же механизма достигается поступательное движение ковша при подъеме и опускании стрелы. Гидросистема управления стрелой и сменными рабочими органами обслуживается шестеренным насосом с приводом от вала отбора мощности. Рабочий цикл полуповоротного погрузчика отличается от рабочего цикла фронтального тем, что в нем отсутствуют операции на дополнительные развороты машины при разгрузке (разгрузку можно производить с любой стороны машины). Эта их особенность позволяет сократить продолжительность рабочего цикла на 30–40 % и использовать их при выполнении погрузочных работ в стесненных условиях.

Кроме основного рабочего органа — нормального ковша, одноковшовые погрузчики оснащаются:

- ◆ погрузочными ковшами различной вместимости и конструкции — увеличенной вместимости для легких материалов и уменьшенной для тяжелых, скелетными для скальных пород и т.п.;
- ◆ экскавационным оборудованием — для рытья небольших котлованов, колодцев и траншей в слабых грунтах при прокладке трубопроводов открытым способом;
- ◆ бульдозерными отвалами, скреперами, кусторезами, корчевателями-собирающими, рыхлителями и асфальтовзламывателями — для производства подготовительных работ по расчистке и планировке строительных площадок и трасс строительства трубопроводов, рытья котлованов, возведения насыпей, засыпки траншей, пазух и т.д.

При небольших объемах погрузочно-разгрузочных работ используются малогабаритные универсальные погрузчики (рис. 2.9),

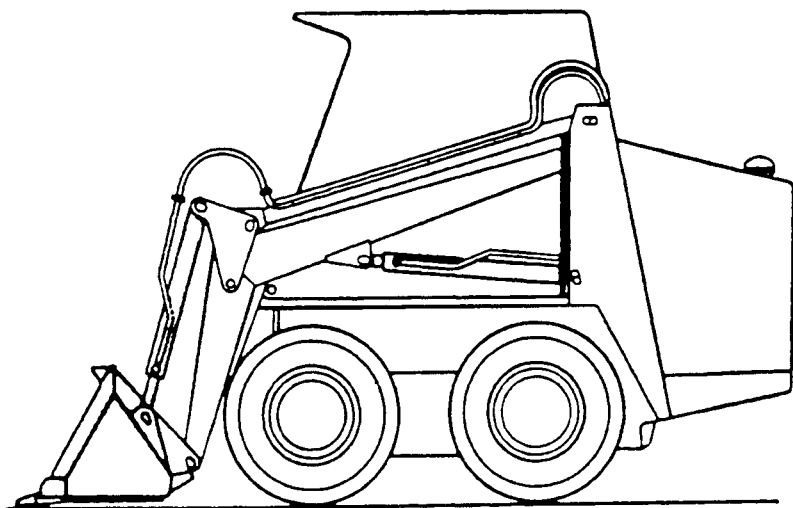


Рис. 2.9. Малогабаритный универсальный погрузчик

оборудованные погрузочным ковшом $0,24-0,3 \text{ м}^3$, а также экскаваторным ковшом $0,04-0,063 \text{ м}^3$. Грузоподъемность грузовой стрелы — $0,5 \text{ т}$. Такие погрузчики имеют четырехколесный движитель со всеми ведущими колесами, скорость их передвижения до $10-12,6 \text{ км/ч}$.

Наиболее целесообразно использовать такие погрузчики на рассредоточенных объектах для комплексной механизации строительно-монтажных работ. Погрузчики этого типа оснащаются различным сменным рабочим оборудованием, включая: грузовые вилы, грузовую стрелу, обратную лопату экскаватора, гидробур, дорожную щетку и гидромолот. Наличие в них такого многоцелевого сменного рабочего оборудования позволяет практически полностью механизировать ручной труд. Они способны совершать разворот на месте на 180° с загруженным ковшом при ширине рабочей зоны до 4 м . Возможность выезда погрузчика с загруженным ковшом задним ходом позволяет использовать такие погрузчики в стесненных условиях, при ширине проезда не более 2 м . Максимальная производительность их ($20-35 \text{ м}^3/\text{ч}$) достигается при дальности транспортировки до $25-30 \text{ м}$.

Производительность одноковшовых погрузчиков:

а) при работе с сыпучими и кусковыми грузами (в $\text{м}^3/\text{ч}$)

$$\Pi_3 = 3600 \frac{q}{t_{\text{ц}}} K_{\text{н}} K_{\text{в}},$$

где q — вместимость ковша, м^3 ; $K_{\text{н}}$ — коэффициент наполнения ковша ($K_{\text{н}} = 0,5-1,25$); $t_{\text{ц}}$ — продолжительность полного цикла, с; $K_{\text{в}}$ — средний коэффициент использования погрузчика по времени;

б) при работе со штучными грузами (в т/ч)

$$\Pi_3 = 3,6 \frac{Q}{t_{\text{ц}}} K_{\text{г}} K_{\text{в}},$$

где Q — масса поднимаемого груза, кг; $K_{\text{г}}$ — коэффициент использования погрузчика по грузоподъемности.

Производительность современных одноковшовых погрузчиков 90–235 $\text{м}^3/\text{ч}$ при средней продолжительности цикла 30–60 с; грузоподъемность — 1,25–5 т, вместимость ковшей — 0,4–3 м^3 .

Вилочные погрузчики (автопогрузчики) предназначены для погрузочно-разгрузочных работ на открытых строительных площадках с естественным и твердым покрытием. Они оснащены комплектом сменных рабочих органов: 1) вилами и специальными захватами — для загрузки-разгрузки, перемещения и складирования всевозможных штучных, тарных и длинномерных грузов; 2) ковшами — для насыпных и кусковых грузов; 3) грузовыми стрелами (блочными и безблочными) — для подъема грузов на небольшую высоту и монтажа различных строительных конструкций и санитарно-технических устройств.

Универсальные вилочные погрузчики изготавливают на базе готовых узлов серийных грузовых автомобилей. Все отечественные автопогрузчики на пневмоходу выполнены по единой конструктивной схеме и максимально унифицированы. Автопогрузчик состоит из ходовой части, вертикального грузоподъемника с рабочим органом, силового оборудования и системы управления. Все агрегаты и узлы монтируются на ходовой раме, которая опирается на передний ведущий мост и задний мост с управляемыми колесами. Передние ведущие колеса, воспринимающие основную нагрузку, — двускатные, а поворотные задние — односкатные. Ведущие колеса снабжаются гидравлическими и пневматическими тормозами. Двигатель автопогрузчика устанавливается сзади машины (радиатором назад).

На переднем конце ходовой рамы установлен вертикальный грузоподъемник с рабочим органом, служащий для подъема груза, а на заднем укреплен противовес, обеспечивающий собственную и грузовую

устойчивость движущегося погрузчика. Максимальная скорость движения автопогрузчика с грузом 6–15 км/ч, без груза — до 45 км/ч.

Для погрузочно-разгрузочных работ и складирования длинномерных грузов (труб, балок, арматуры, бревен и т.д.) применяют автопогрузчики с боковым (т.е. с поперечным относительно их продольной оси) расположением грузоподъемника (рис. 2.10).

Грузоподъемник 7 такого погрузчика с помощью двух наклонных гидроцилиндров двойного действия 6 перемещается в проеме

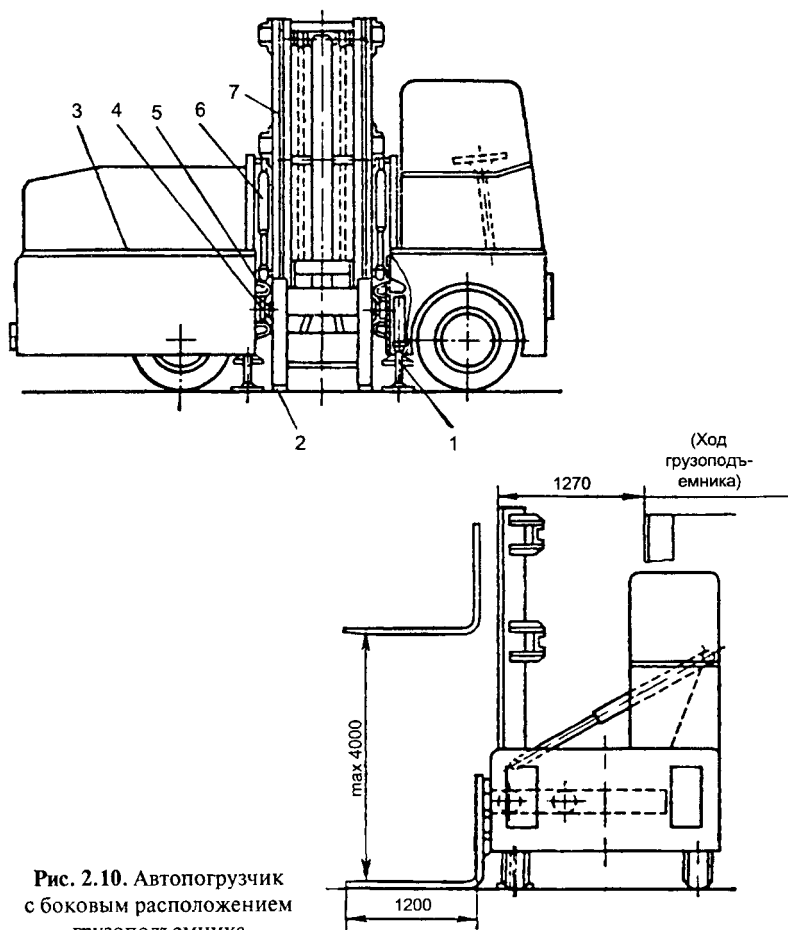


Рис. 2.10. Автопогрузчик с боковым расположением грузоподъемника

посредине грузовой платформы на опорных катках 4 по направляющим 5, установленным поперек продольной оси ходовой рамы. Для захвата груза грузоподъемник с грузовыми вилами 2, передвигается гидроцилиндрами 6 поперек погрузчика в сторону до отказа при одновременном выдвигении гидродомкратов 1. Гидродомкраты воспринимают основную нагрузку при работе грузоподъемника и предохраняют ходовую часть машины от перегрузок.

Автопогрузчики с боковым расположением грузоподъемника имеют грузоподъемность 5 т и обеспечивают подъем груза на высоту до 4 м.

Автомобили-самопогрузчики наряду с выполнением транспортных функций могут осуществлять погрузку и разгрузку перевозимых тарных грузов, перегружать грузы на рядом расположенные автомобили и прицепы с помощью гидравлических погрузочно-разгрузочных устройств, установленных на самом автомобиле.

Автомобили-самопогрузчики с качающимся порталом (бокового или заднего расположения, рис. 2.11, а) предназначены для перевозки, погрузки и разгрузки контейнеров массой до 5 т. Рабочий орган — качающийся портал 1 шарнирно соединен с платформой для установки контейнеров и может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол до 120° двумя синхронно действующими длинноходовыми гидроцилиндрами 2 двустороннего действия. Качающиеся порталы используют также для погрузки-разгрузки сменных кузовов-контейнеров. Для перевозки, погрузки и разгрузки контейнеров большой грузоподъемности (20 т и более) применяют полуприцепы, оборудованные боковыми гидравлическими перегружателями (рис. 2.11, б).

Автомобили-самопогрузчики с бортовыми гидравлическими манипуляторами 3 осуществляют самопогрузку и саморазгрузку базового автомобиля и прицепа, погрузку-разгрузку других расположенных рядом транспортных средств, а также могут быть использованы на строительно-монтажных работах небольшого объема.

Манипулятор грузоподъемностью 2,5 т состоит (рис. 2.12) из поворотной колонки, шарнирно сочлененного стрелового оборудования, двух выносных гидравлических опор 3, 6, механизма поворота стрелы в плане, двух пультов управления 4 и комплекта сменного рабочего оборудования.

Стреловое оборудование смонтировано на поворотной колонке 10, установленной на опорной раме 5 шасси, и состоит из рукояти 11, рычага 13, телескопической стрелы 14 с основной 17 и выдвижной 18 секциями, гидроцилиндров 12, 15 и 16 управления, крюковой подвески 19 или ротатора 20. Ротатор служит для манипулирования грузом в горизонтальной плоскости через реечную передачу и гидроцилиндр

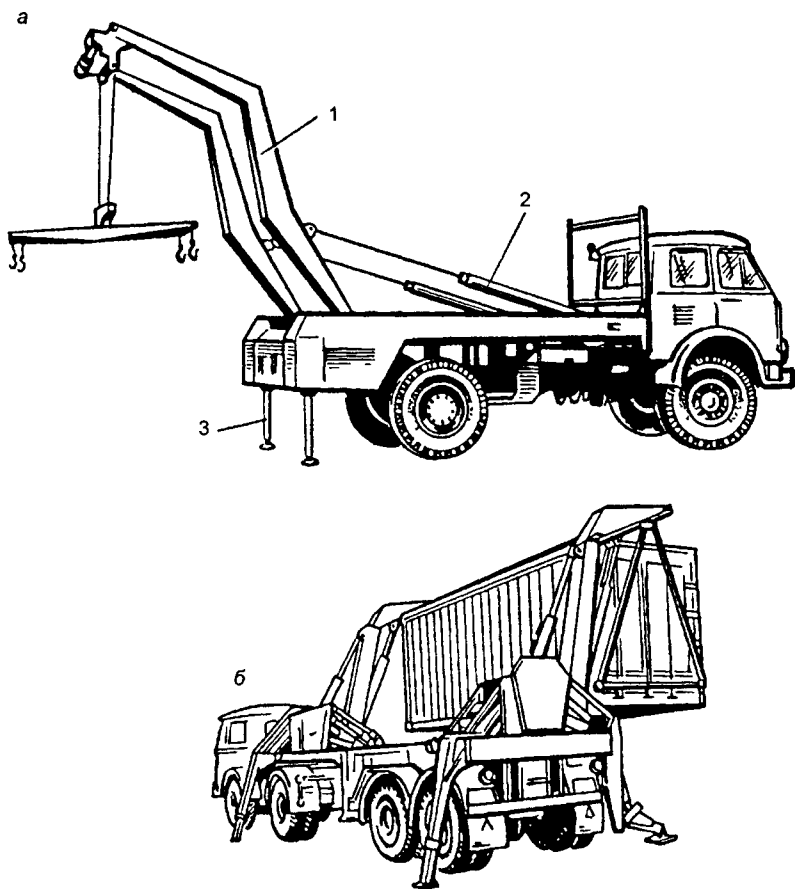


Рис. 2.11. Автомобили-самопогрузчики и контейнеровозы

21 двустороннего действия, штоком которого является рейка 22 ротатора, входящая в зацепление с шестерней 23.

В комплект сменного рабочего оборудования входят удлинитель стрелы, выдвигаемый вручную, вилочный подхват, клешевой захват для пакетированных грузов и захват для контейнеров. Поворот стрелового оборудования в плане обеспечивается реечным поворотным механизмом, включающим два попеременно работающих гидроцилиндра, рейку 7 и шестерню 8 на валу 9 поворотной колонки. При-

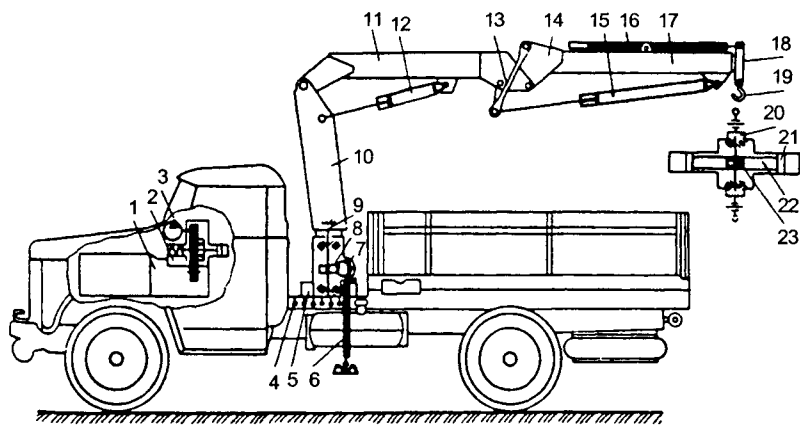


Рис. 2.12. Автомобиль-самопогрузчик с бортовым манипулятором

вод аксиально-поршневого насоса 3 гидросистемы манипулятора осуществляется от двигателя 1 автомобиля через коробку отбора мощности. Управлять манипулятором можно с любого из двух пультов 4, расположенных по обеим сторонам автомобиля.

Погрузчики непрерывного действия чаще всего многоковшовые, они предназначены для механической погрузки в транспортные средства сыпучих и мелкокусковых материалов: песка, гравия, щебня и шлака. Их можно также использовать для засыпки траншей и фундаментных пазух свеженасыпным грунтом, для обвалования площадок и т.д.

Многоковшовые погрузчики имеют пневмоколесный или гусеничный ход и подразделяются на цепные и роторные.

Многоковшовый цепной погрузчик на пневмоколесном ходу состоит из специального самоходного шасси с двумя ведущими мостами, на котором смонтированы наклонный цепной ковшовый конвейер (или цепной скребковый конвейер) с подгребающим устройством — винтовым (шнековым) питателем с правым и левым направлением витков спирали и поворотный (в плане) ленточный разгрузочный конвейер с приемным устройством.

Многоковшовые погрузчики имеют производительность 30–200 м³/ч, мощность дизеля — 16–75 л. с. (11,8–55 кВт) и обеспечивают высоту погрузки 2,4–4,2 м.

ГЛАВА 3. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Земляные работы являются наиболее массовыми и трудоемкими в строительном производстве. Справиться с ними ручными способами невозможно и поэтому их в большинстве случаев выполняют только с помощью соответствующих подготовительных, землеройных и землеройно-транспортных машин.

3.1. МАШИНЫ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Для выполнения подготовительных работ применяют кусторезы, корчеватели, корчеватели-собиратели и рыхлители, являющиеся сменным, навесным оборудованием к мощным гусеничным тракторам или колесным тягачам.

Кусторез предназначен для срезания на уровне земли кустарников и мелких деревьев диаметром до 0,25 м. Пассивный рабочий орган кустореза выполнен в виде клинообразного отвала, к нижним краям которого крепятся сменные гладкие или пилообразные режущие ножи, имеющие в плане вид треугольника. В передней части отвала установлен носовой лист для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев.

Усилие рабочему органу передается через толкающую раму, шарнирно прикрепленную к ходовым тележкам трактора.

Ножи периодически затачивают переносной шлифовальной головкой с абразивным кругом, получающим вращение через длинный гибкий вал от трансмиссии трактора.

Производительность кусторезов с пассивным рабочим органом 11000–14000 м²/ч при средней скорости движения машин 3–4 км/ч.

Корчеватели и корчеватели-собиратели применяют для извлечения (корчевания) из грунта и последующей уборки крупных камней, пней диаметром до 450 мм, корневых систем, а также кустарника и поваленных деревьев, оставшихся после прохода кустореза. Кроме того, корчеватели могут производить рыхление плотных грунтов на глубину до 0,3 м.

Рабочий орган корчевателя-собирателя — сменный отвал, в нижней части которого закрепляют от 3 до 8 сменных корчующих зубьев из износостойкой стали. Отвал крепится к универсальной толкающей раме, которая может быть использована для навески рабочих органов кустореза и универсального бульдозера.

Часовая производительность корчевателей-собирателей при корчевании пней составляет до 40–50 шт., при уборке камней — до 15–20 м³, при сгребании срезанных деревьев, выкорчеванных пней и кустарника — до 2500–4000 м².

3.2. ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Землеройно-транспортными называют машины с пассивным ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное резание и перемещение грунта к месту укладки. К ним относятся: бульдозеры, скреперы, грейдеры, автогрейдеры и грейдер-элеваторы.

3.2.1. БУЛЬДОЗЕРЫ

Бульдозер (рис. 3.1) является навесным оборудованием, обычно к трактору, состоящим из плоского отвала 3 с ножами, толкающих брусьев (или рамы) 4 и системы управления отвалом 2, смонтированным на гусеничном тракторе 1 или двухосном пневмоколесном тягаче.

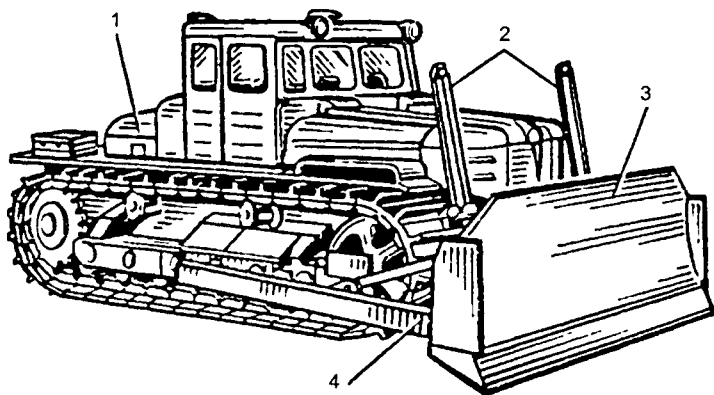


Рис. 3.1. Бульдозер с неповоротным отвалом

Бульдозеры классифицируют: по способу установки рабочего органа (отвала) — на неповоротные (простые), с постоянным расположением отвала перпендикулярно продольной оси машины, и поворотные (универсальные) с переменным расположением отвала

(рис. 3.2); по типу ходового устройства — на гусеничные и пневмоколесные; по конструкции системы управления отвалом — с канатно-блочным и гидравлическим управлением; по номинальному тяговому усилию базовой машины на малогабаритные (1,0–3,0 тс, 9,8–29,4 кН), легкие (3,0–6,0 тс, 29,4–58,8 кН), средние (6,0–15 тс, 58,8–147 кН) и тяжелые (15–36 тс, 147–343 кН).

Наиболее распространены гусеничные бульдозеры с гидравлической системой управления отвалом.

Отвал бульдозера представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из лобового листа криволинейного профиля, усиленного для большей жесткости ребрами и балками коробчатого сечения. Нижняя кромка отвала снабжена сменными двухлезвийными ножами — средним и двумя боковыми, наплавленными износостойчивым сплавом. Верхняя часть отвала имеет козырек, препятствующий пересыпанию грунта через верхнюю кромку.

При работе на легких грунтах, не содержащих крупных каменистых включений, с целью увеличения производительности бульдозера на его отвале монтируют сменные уширители (открылки).

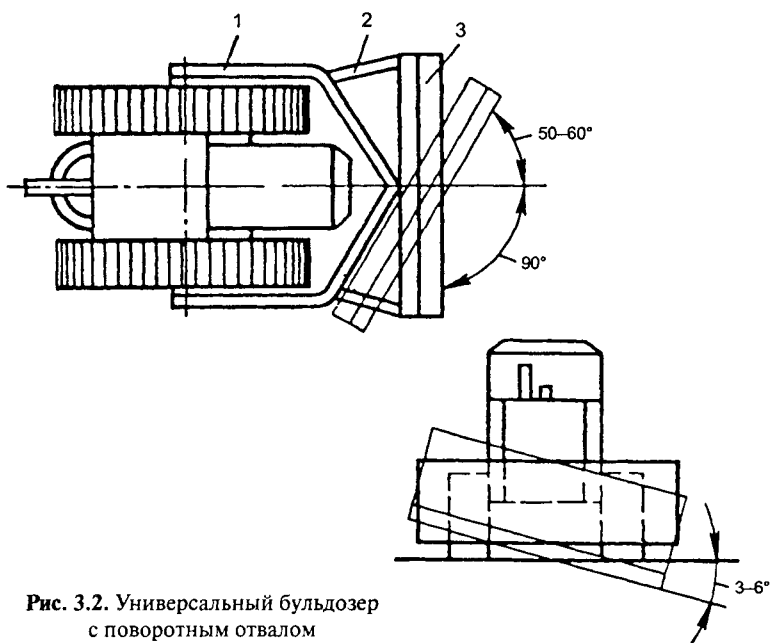


Рис. 3.2. Универсальный бульдозер с поворотным отвалом

Отвал неповоротного бульдозера шарнирно закреплен к передним концам двух продольных толкающих брусьев 4 коробчатого сечения, задние концы которых соединены шарнирно с балками ходового устройства трактора; отвал 3 универсального бульдозера монтируется на универсальной толкающей раме, на которой вместо основного рабочего органа может быть установлено различное сменное оборудование: кусторез, древовал, корчеватель-собиратель, плужный снегоочиститель и т.д.

Поворотный отвал 3 (см. рис. 3.2) соединяется с рамой 1 при помощи шаровой пяты и двух толкателей (гидроцилиндров) 2, предназначенных также для изменения угла установки отвала в двух плоскостях относительно толкающей рамы.

Оба типа бульдозеров могут иметь устройства для бокового двустороннего наклона (поперечного перекоса на 3–6°) отвала в вертикальной плоскости и регулирования угла резания ножей отвала (среднее значение угла 55°).

Подъем отвала при канатно-блочной системе управления производится через канатный полиспагат от зубчато-фрикционной лебедки, размещенной на тракторе и получающей вращение от вала отбора мощности машины. Опускание отвала происходит под действием собственного веса и регулируется ленточным тормозом лебедки.

Подъем и опускание отвала при гидравлической системе управления производятся одним или двумя гидроцилиндрами двустороннего действия, шарнирно соединенными с рамой базовой машины и отвалом. Рабочая жидкость подается под давлением в рабочие полости гидроцилиндров от шестеренного насоса через золотниковый распределитель. Насос приводится в действие от вала отбора мощности трактора (тягача).

В последнее время чаще применяют бульдозеры с гидравлическим управлением, смонтированные на быстроходных мощных пневмоколесных тракторах. Такие бульдозеры, почти не уступая в проходимости гусеничным машинам, обладают значительно большими (в 1,5–2 раза) рабочими и транспортными скоростями, повышенной маневренностью и производительностью.

Некоторые модели современных неповоротных гидравлических бульдозеров снабжаются дополнительной автоматизированной системой управления отвалом «Автоплан», осуществляющей автоматическую стабилизацию заданного положения отвала при выполнении окончательных планировочных работ.

Промышленностью выпускаются гусеничные неповоротные бульдозеры с отвалами длиной 2500–4000 мм, поворотные гусеничные

бульдозеры с отвалами длиной 3500–5540 мм и пневмокошесные неповоротные бульдозеры с отвалами длиной 2000–3200 мм. Высота отвалов гусеничных машин составляет 800–1400 мм, пневмокошесных 600–1100 мм, наибольшая глубина резания — 200–600 мм.

Ниже приведены примеры наиболее часто используемых в строительстве бульдозеров с указанием краткой их характеристики.

Бульдозер ДЗ-42Г (рис. 3.3) изготавливается на базе гусеничного трактора тягового класса ЛТ-75МР, мощность двигателя в комплектации С2 66 кВт с реверс-редуктором и гидросистемой. Такой бульдозер и его разновидности — ДЗ-42, ДЗ-42Г-1 предназначены для выполнения легких земляных и мелиоративных работ.

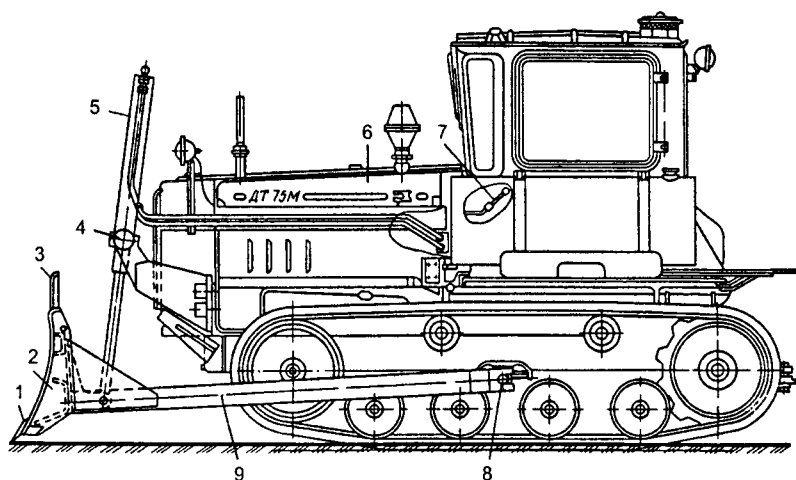


Рис. 3.3. Бульдозер ДЗ-42Г.

1 — нож; 2 — отвал; 3 — козырек; 4 — кронштейн; 5 — гидроцилиндр подъема-опускания; 6 — базовый трактор; 7 — рычаг управления гидрораспределителем; 8 — поперечная балка с цапфами; 9 — толкающий брус

Бульдозерное оборудование неповоротного типа.

Управление гидроцилиндром отвала осуществляется от гидросистемы базового трактора.

Бульдозер ДЗ-101А (рис. 3.4) с неповоротным прямым отвалом изготовлен на базе гусеничного промышленного трактора общего назначения тягового класса 4Т-4АП2-С1, мощность двигателя 96 кВт.

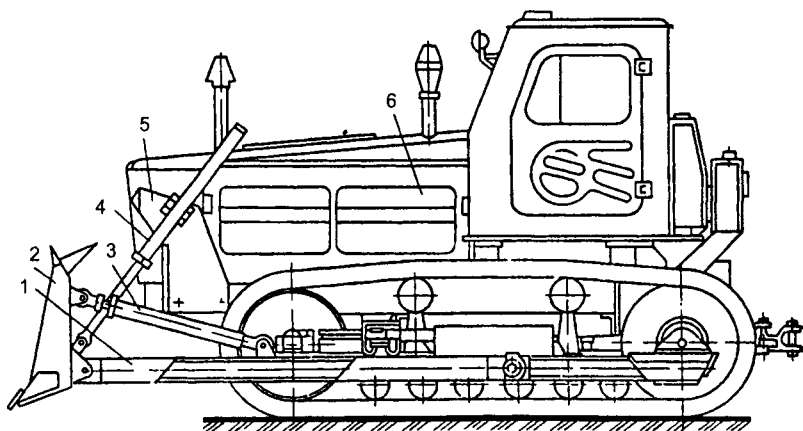


Рис. 3.4. Бульдозер ДЗ-101А:

1 — толкающий брус; 2 — отвал; 3 — гидрораскос; 4 — гидроцилиндр подъема-опускания; 5 — опора гидроцилиндров; 6 — базовый трактор Т-4АП2-С1

Предназначен для выполнения землеройно-планировочных работ на грунтах I и II групп и разрыхленных грунтах III группы.

Бульдозерное оборудование состоит из сварного отвала, усиленного задними коробками жесткости с внутренними ребрами левого и правого толкающих брусьев, раскоса регулируемой длины, гидроцилиндра перекоса и двух гидроцилиндров подъема-опускания отвала.

Для исключения внутренних напряжений в отвале при гидрораскосе в местах крепления с толкающими брусьями предусмотрены пальцевые шарниры.

Бульдозер ДЗ-109Б (ДЗ-171.1-05) состоит из базового гусеничного промышленного трактора Т-130МГ-1 (Т-170) с мощностью двигателя 165 кВт и бульдозерного оборудования с поворотным отвалом. Фиксация отвала осуществляется двумя боковыми толкателями, в состав которых входят винтовые раскосы. Они имеют три метки: верхняя соответствует углу резания 50° , средняя — 55° , нижняя — 60° .

Управление гидроцилиндрами бульдозера осуществляется от гидросистемы трактора, которая обеспечивает подъем-опускание и «плавающее» положение отвала.

Бульдозер ДЗ-110В (ДЗ-171.1) оборудован прямым неповоротным отвалом на базовом гусеничном промышленном тракторе Т-130МГ-3

(Т-170 соответствующей модификации) с мощностью двигателя 125 (170) кВт (л. с.).

Бульдозеры на тракторах класса 10 с поворотным и неповоротными отвалами могут оснащаться системами комбинированного автоматического управления положением отвала «Копир-Автоплан-10/ЛП» и «Комбиплан-10Л». Системы эти можно использовать в двух режимах: копирном, при котором автоматическое управление отвалом по высоте осуществляется от внешнего луча лазерного излучателя (лазерной направляющей), и автономно, когда стабилизация положения отвала достигается по сигналам датчиков угловых положений (ДКБ), установленных на толкающих брусках и отвале бульдозера (рис. 3.5).

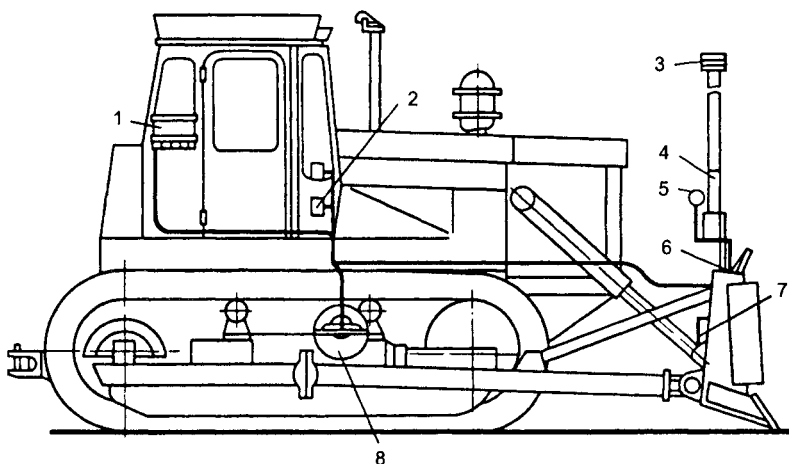


Рис. 3.5. Система комбинированного автоматического управления «Комбиплан-10Д» (ДЗ-110А-1):

1 — пульт управления; 2 — гидрораспределители; 3 — фотоприемное устройство ФПУ; 4 — устройство перемещения ФПУ; 5 — датчик подъемного устройства; 6 — кронштейн для установки ФПУ; 7 — датчик углового положения отвала ДП; 8 — датчик продольного профиля ДКБ

Пульт управления и индикатор установлены в кабине бульдозера. Пульт управления служит для задания требуемого продольного (ДЗ-109Б-1), продольного и поперечного (ДЗ-110В-1) уклонов и преобразований сигналов датчиков в команду управления, которая подается на исполнительную аппаратуру гидропривода.

Эксплуатационная часовая производительность бульдозера при резании и перемещении грунта (в м³/ч)

$$\Gamma_p^p = \frac{3600V_{rp}}{T_{\text{ц}}} K_b,$$

где V_{rp} — геометрический объем призмы волочения грунта (в плотном теле) впереди отвала, м³;

$$V_{rp} = \frac{bh^2K_n}{2\text{tg}\varphi} K_p,$$

где b , h — соответственно длина и высота отвала, м; φ — угол естественного откоса грунта в движении ($\varphi = 20-50^\circ$); K_n — коэффициент наполнения геометрического объема призмы волочения грунтом ($K_n = 0,85-1,05$); K_p — коэффициент разрыхления грунта ($K_p = 1,1-1,3$); K_n — коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировке ($K_n = 1-0,005l_n$); K_b — коэффициент использования бульдозера по времени ($K_b = 0,8-0,9$); $t_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла, с:

$$t_{\text{ц}} = \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_n}{v_n} + \frac{l_o}{v_o} + t_n,$$

где l_p , l_n и $l_o = l_p + l_n$ — длины соответственно участка резания, перемещения грунта и обратного хода бульдозера, м;

$$l_p = V_{rp}/F;$$

$F = bc$ — площадь срезаемого слоя грунта, м²; c — средняя толщина срезаемого слоя, м; v_p , v_n , v_o — скорости трактора при резании, перемещении грунта и обратном ходе, м/с; t_n — время на переключение передач в течение цикла ($t_n = 15-20$ с).

Обычно тракторные бульдозеры производят резание грунта на I или II скорости (2,5–4,5 км/ч), перемещение грунта на II или III скорости (4,5–6 км/ч), а возвращаются для нового цикла задним ходом.

3.2.2. БУЛЬДОЗЕРЫ-РЫХЛИТЕЛИ

Их применяют для послойного разрушения плотных каменистых, скальных и мерзлых грунтов перед разработкой их (или погрузкой) землеройными машинами, при отрывке котлованов и широких траншей,

а также для взламывания покрытий дорог и улиц при прокладке через них трубопроводов и коммуникаций открытым способом. Рыхлитель (рис. 3.6) представляет собой навесное оборудование с гидроприводом на мощный гусеничный трактор *11* с бульдозерным отвалом *1, 2*.

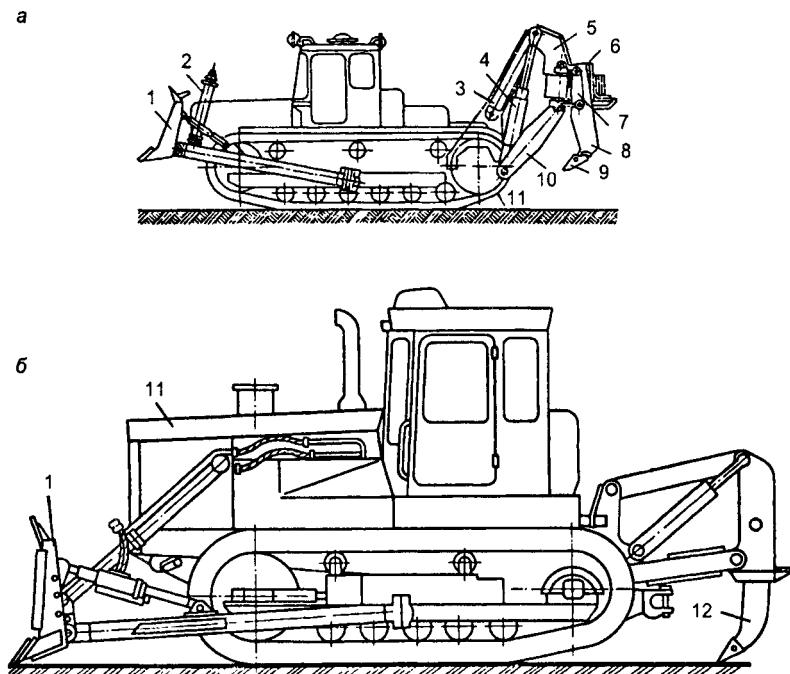


Рис. 3.6. Бульдозеры-рыхлители:

а — принципиальная схема; б — бульдозер-рыхлитель ДЗ-116В (ДЗ-171.3)

Рабочий орган рыхлителя имеет один или три сменных зуба *8* с литыми наконечниками *9* из износостойкой стали, установленных с шагом 800–1020 мм. Зубья однозубых рыхлителей выполняют обычно неповоротными и жестко закрепляют в кармане несущей рамы. Зубья трехзубых рыхлителей закрепляют в специальных кронштейнах-флюгерах *7*, поворачивающихся в плане на угол $10 \pm 15^\circ$. Рама *10*, тяга *3* и балка *5* навесного устройства рыхлителя составляют четырехшарнирную параллелограммную систему, обеспечивающую постоянный угол резания зуба при различной глубине рыхления. На средний

зуб устанавливается буферное устройство *б* при работе рыхлителя с трактором-толкачом.

Опускание, принудительное заглубление и фиксирование рыхлителя *12* в определенном рабочем положении, а также подъем его при переводе в транспортное положение производится двумя гидроцилиндрами *4* двустороннего действия, работающими от гидросистемы трактора.

Ниже приведены некоторые образцы часто применяемых бульдозеров-рыхлителей с их краткой характеристикой.

Бульдозеры-рыхлители ДЗ-117А и ДЗ-116 (рис. 3.6, *б*). Состоят из базового трактора Т-130МГ-1 с мощностью двигателя 125 кВт (170 л. с.), бульдозерного оборудования машин ДЗ-109Б и ДЗ-110В соответственного, для обеих моделей однозубое рыхлительное оборудование с четырехзвенным навесным устройством типа ДП-26ВС. Рыхлительное оборудование состоит из опорной рамы, верхней и нижней тяги, рабочей балки с зубом и гидроцилиндров подъема-опускания.

Бульдозеры-рыхлители ДЗ-126А, ДЗ-126В-1 и ДЗ-126В-2 (рис. 3.7, *а*) тягового класса 25 выпускаются на базе гусеничных промышленных тракторов ДЭТ-250М, ДЭТ-250М2 и Т-25.01 с мощностью двигателя соответственно 243 кВт (330 л. с.), 246 кВт (335 л. с.) и 276 кВт (375 л. с.). Они предназначены для выполнения тяжелых земляных работ, в том числе для разработки мерзлых грунтов с большим количеством камней при условии, что температура их не ниже -15°C и трещиноватых скальных грунтов. Рыхлительное оборудование — четырехзвенного вида однозубого типа.

Управление механизмом изменения вылета зуба осуществляется из кабины трактора.

Бульдозер-рыхлитель на тракторе Т-25.01 имеет бульдозерное оборудование ДЗ-34-1УХЛ и рыхлительное ДП-34-IVХЛ (ДП-34-2УХЛ) (рис. 3.7, *б, в*). Конструктивное исполнение узлов бульдозера-рыхлителя блочное для удобства обслуживания и ремонта. Бульдозерное оборудование — неповоротное с прямым, полусферическим и сферическим отвалом. Рыхлительное оборудование предусмотрено в однозубом и многозубом исполнении.

Бульдозеры-рыхлители ДЗ-129ХЛ и ДЗ-124ХЛ тягового класса 35 предназначены для работы в тяжелых условиях, в том числе для разработки мерзлых и разборно-скальных грунтов при температуре окружающего воздуха до -60°C .

Бульдозер-рыхлитель ДЗ-129ХЛ включает в себя бульдозер ДЗ-124ХЛ и рыхлитель ДП-29ХЛ с регулируемым углом рыхления.

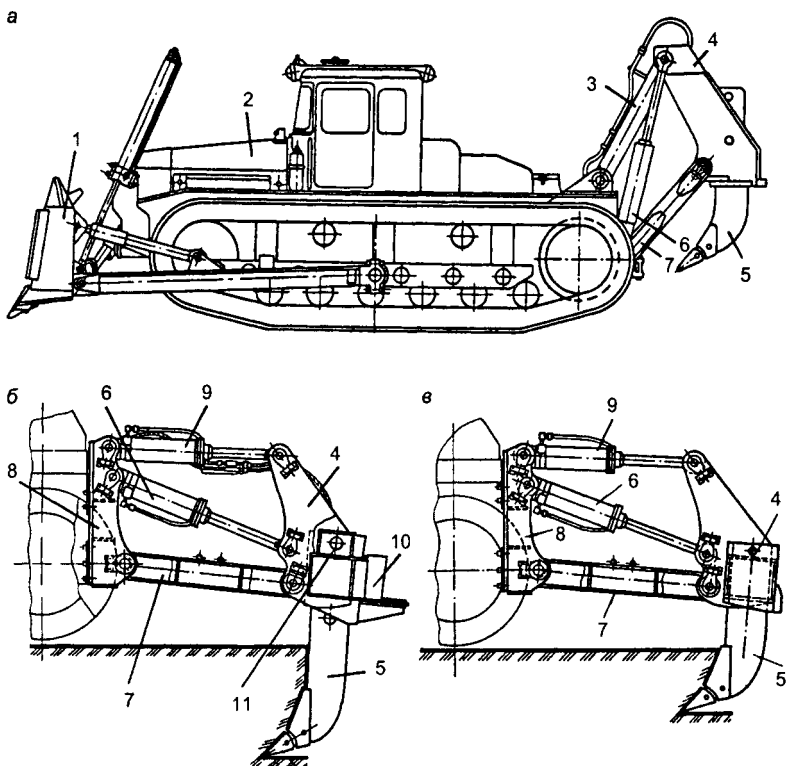


Рис. 3.7. Бульдозер-рыхлитель ДЗ-126В-2 (а) и рыхлительное оборудование ДП-34-1УХЛ (б), ДП-34-2УХЛ (в) к трактору Т-25.01:

1 — бульдозерное оборудование ДЗ-132-1; 2 — трактор ДЭТ-250М2; 3 — верхняя тяга; 4 — рабочая балка; 5 — зуб с наконечником и износостойкой накладкой; 6 — гидроцилиндр подъема-опускания; 7 — нижняя тяга; 8 — опорный кронштейн; 9 — гидроцилиндр; 10 — буферное устройство; 11 — механизм перестановки зуба

Бульдозер-рыхлитель ДЗ-124ХЛ может быть укомплектован также рыхлительным оборудованием четырехзвенного вида в однозубом (ДП-36-1УХЛ) и многозубом (ДП-36-2УХЛ) исполнении с регулируемым углом рыхления.

На рис. 3.8 представлены особо мощные бульдозеры-рыхлители ДЗ-141ХЛ на базе трактора Т-500 (а) и ДЗ-159УХЛ на базе трактора Т-800 (б). Они предназначены для разработки особо тяжелых мерз-

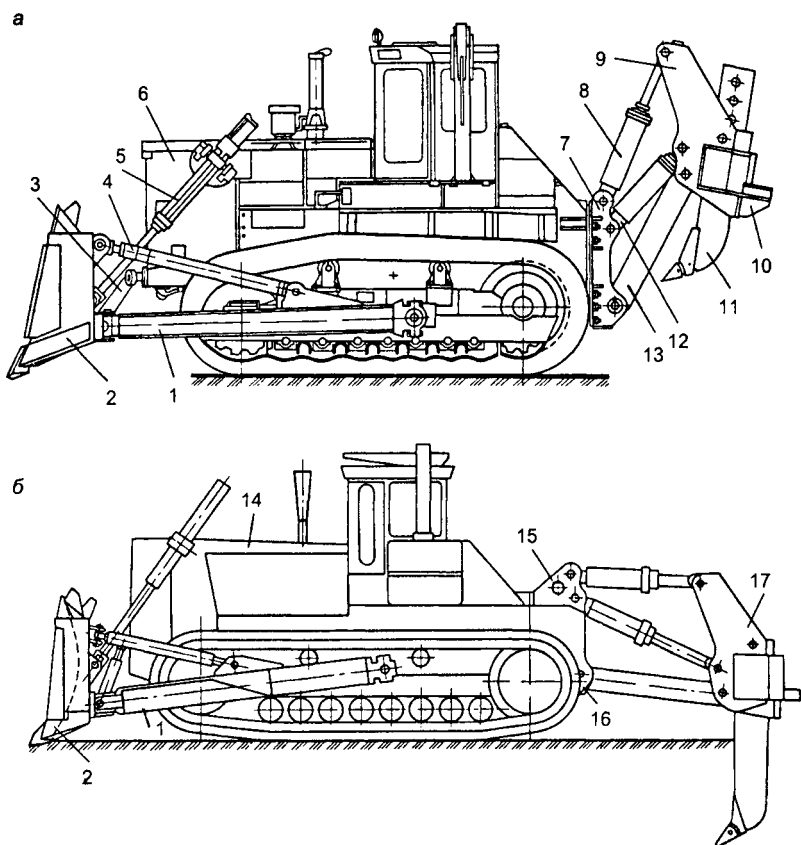


Рис. 3.8. Бульдозеры-рыхлители ДЗ-141ХЛ на базе трактора Т-500 (а) и ДЗ-159УХЛ на базе трактора Т-800 (б):

1 — толкающий брус; 2 — отвал; 3 — поперечная штанга; 4 — раскос; 5 — гидроцилиндр подъема-опускания отвала; 6 — трактор Т-500; 7 — опорный кронштейн; 8 — гидроцилиндр регулировки угла; 9 — рабочая балка; 10 — буфер; 11 — зуб; 12 — гидроцилиндр подъема-опускания рыхлителя; 13 — нижняя тяга; 14 — трактор Т-800; 15, 16 — верхние и нижние проушины крепления рыхлительного оборудования к трактору; 17 — рыхлительное оборудование

лых и разборно-скальных грунтов при выполнении больших объемов земляных работ.

Бульдозер-рыхлитель ДЗ-141ХЛ тягового класса 35 смонтирован на базе трактора Т-500. Трактор с передним расположением двигателя и задним расположением кабины имеет дизель с жидкостным охлаждением, газотурбинным наддувом, промежуточным охлаждением наддувочного воздуха и электростартерной системой пуска из кабины водителя; трансмиссия — гидромеханическая с использованием ряда обработанных и усиленных узлов Т-330.

Бульдозерное оборудование с неповоротным отвалом полусферической формы, гидроперекосом и механизмом компенсации с поперечной штангой. Рыхлительное оборудование четырехзвенное с регулируемым углом рыхления и одним жестко закрепленным зубом. Привод гидроцилиндров навесного оборудования предусмотрен от раздельно-агрегатной гидросистемы трактора Т-500.

Бульдозер-рыхлитель ДЗ-159УХЛ (рис. 3.8, б) на базе трактора Т-800 тягового класса 75 имеет бульдозерное оборудование ДЗ-159УХЛ и рыхлительное ДП-35УХЛ. Рыхлительное оборудование четырехзвенного типа с регулируемым углом рыхления по конструкции аналогично оборудованию ДЗ-141ХЛ.

Основными производителями бульдозеров и рыхлителей за рубежом являются фирмы «Катерпиллер» (США) и «Комацу» (Япония). Этими фирмами освоен выпуск широкой гаммы бульдозерного и рыхлительного оборудования к гусеничным промышленным тракторам общего назначения мощностью от 29,5 до 575 кВт.

По своим конструктивным признакам бульдозеры и бульдозеры-рыхлители зарубежных фирм аналогичны отечественным моделям одного и того же основного класса базового трактора.

Производительность отечественных навесных рыхлителей на грунтах IV–V группы составляет 60–130 м³/ч, средняя рабочая скорость движения 2,5–5 км/ч.

3.2.3. СКРЕПЕРЫ

Скрепер — это самоходная или прицепная (к гусеничному трактору или колесному тягачу) землеройно-транспортная машина, рабочим органом которой является ковш на пневмоколесах, снабженный в нижней части ножом для срезания слоя грунта.

Скреперы предназначены для послойного срезания, перемещения, послойной отсыпки, разравнивания и частичного уплотнения грунтов I–III групп с каменистыми включениями до 300–600 мм при возведении насыпей, планировании строительных площадок, полей

орошения или фильтрации, разработке траншей, выемок под резервуары, отстойники, аэротенки и другие сооружения.

Рабочий цикл скрепера включает ряд последовательно повторяющихся операций: резание грунта и наполнение ковша — при движении вперед ножи опущенного на грунт ковша срезают слой грунта, который поступает в ковш при поднятой заслонке; транспортирование грунта к месту укладки.

По типу агрегатирования (соединения) скреперного оборудования и тяговой машины скреперы подразделяются на прицепные и самоходные. Прицепные буксируются гусеничными или колесными тракторами и у таких скреперов вся нагрузка, включая массу грунта в ковше, передается только на колеса скрепера.

Самоходные скреперы выпускают трехосными и двухосными. У трехосных скреперов, называемых также полуприцепными, часть нагрузки от скрепера и грунта через седельно-сцепное устройство передается на колесный трактор. Двухосный самоходный скрепер представляет собой единую машину со своей силовой установкой для передвижения и управления рабочим оборудованием. Базовой машиной таких скреперов обычно является одноосный тягач.

Скреперы различают также по способу загрузки ковша (рис. 3.9). По этому признаку они делятся на два типа: заполняемые за счет подпора грунта при реализации тягового усилия (условно с загрузкой тяговым усилием); заполняемые с помощью загрузочного устройства элеватора, расположенного в ковше (скреперы с механизированной загрузкой или элеваторные).

Скреперы с тяговой загрузкой грунта выпускают как прицепные, так и самоходные. Элеваторной загрузкой оборудуют, как правило, только самоходные скреперы.

У скреперов первого типа срезание стружки грунта ножом (рис. 3.9, а) и заполнение ковша через зев, образованный поднятой заслонкой, обеспечиваются за счет силы тяги ведущих колес скрепера и гусениц толкача.

Для увеличения тягового усилия скрепера при наполнении ковша в плотных грунтах обычно используется трактор-толкач 5 (см. рис. 3.9, а).

У элеваторных скреперов за счет силы тяги ведущих колес осуществляется только срезание стружки грунта и передвижение машины. Наиболее трудоемкий процесс — заполнение ковша грунтом производится скребковым элеватором (рис. 3.9, б), размещенным в передней части ковша над ножами. Это обеспечивает возможность загрузки ковша скрепера без толкача.

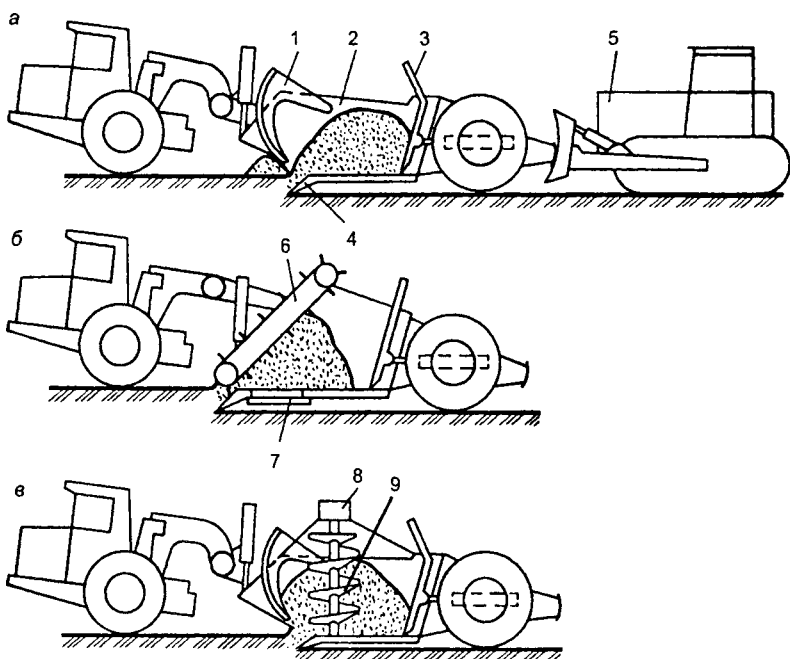


Рис. 3.9. Классификация скреперов по типу загрузки ковша:

а — скрепер с тяговой заслонкой; б — скрепер с элеваторной загрузкой; в — скрепер со шнековой загрузкой; 1 — заслонка; 2 — ковш; 3 — задняя стенка; 4 — ножи; 5 — трактор-толкач; 6 — элеватор; 7 — откатное днище; 8 — привод шнека; 9 — шнек

Преимущество элеваторных скреперов: заполнение ковша с «шапкой». Недостаток: ограничение использования на влажных глинистых грунтах.

В последние годы за рубежом стали выпускать скреперы со шнековым элеватором (рис. 3.9, в). У них в ковше размещены один или два вертикальных шнека, приводимых от гидромотора. Шнеки лопастями подхватывают грунт, поступающий с ножа, и подают его вверх, заполняя ковш. При этом обеспечивается более быстрое и полное его заполнение и повышается производительность работы скреперов.

Система управления рабочим органом скрепера обеспечивает опускание, подъем и разгрузку ковша, изменение глубины резания, подъем и опускание передней заслонки ковша. У скреперов с канат-

но-блочным управлением подъем ковша при изменении глубины резания и переводе в транспортное положение производится принудительно зубчато-фрикционной лебедкой через канатный полиспасть, а опускание и заглобление ножей в грунт — под действием силы тяжести ковша. У скреперов с гидравлическим управлением подъем-опускание ковша и заглобление режущей кромки в грунт осуществляется принудительно с помощью гидроцилиндров двойного действия. Это позволяет более точно регулировать толщину срезаемой стружки, сокращать время набора грунта и разрабатывать более плотные грунты.

На рис. 3.10, *а* приведен пример двухосного прицепного скрепера с гидравлическим управлением марки ДЗ-172.1 с вместимостью ковша «с шапкой» 11 м³. Особенностью конструкции скрепера является характерный для большинства современных скреперов рычажный механизм управления заслонкой (рис. 3.10, *б*).

Гидравлическая система скрепера типа ДЗ-172.1 с ручным управлением предназначена для подъема-опускания ковша и заслонки, выдвигания и возврата назад задней стенки.

Автоматизированные скреперы типа ДЗ-172.5 оборудованы системой «Копир-Стабилоплан-ЮЛ» (рис. 3.11), которая обеспечивает автоматическое управление гидроцилиндрами 3 подъема-опускания ковша для выдерживания заданного положения режущей кромки и управление гидроцилиндром 12 для выдвигания задней стенки, подсыпки грунта и выемки планируемой поверхности.

Эта система работает с лазерным устройством САУЛ-1М, которое включает лазерный излучатель 1, питаемый от аккумуляторной батареи 19. Положение ковша по высоте поддерживается с помощью лазерного излучателя 1, от которого создается стабилизированная опорная оптическая плоскость 2 с заданным уклоном. Фотоприемное устройство 4, установленное на ковше, находится все время в оптической плоскости излучателя. При смещении фотоприемного устройства по высоте на электромагниты 7 гидрораспределителя 6 подается соответствующая команда и гидроцилиндры 3 перемещают ковш до нужного положения и таким образом режущая кромка ножа ковша скрепера как бы копирует опорную оптическую поверхность на планируемой поверхности грунта.

Так как оптическая плоскость довольно значительна по радиусу действия, то на базе одного лазерного излучателя может работать до 10 скреперов, оборудованных системой «Копир-Стабилоплан».

Широкое распространение в строительном производстве получили самоходные скреперы с гидравлическим управлением, отличающиеся

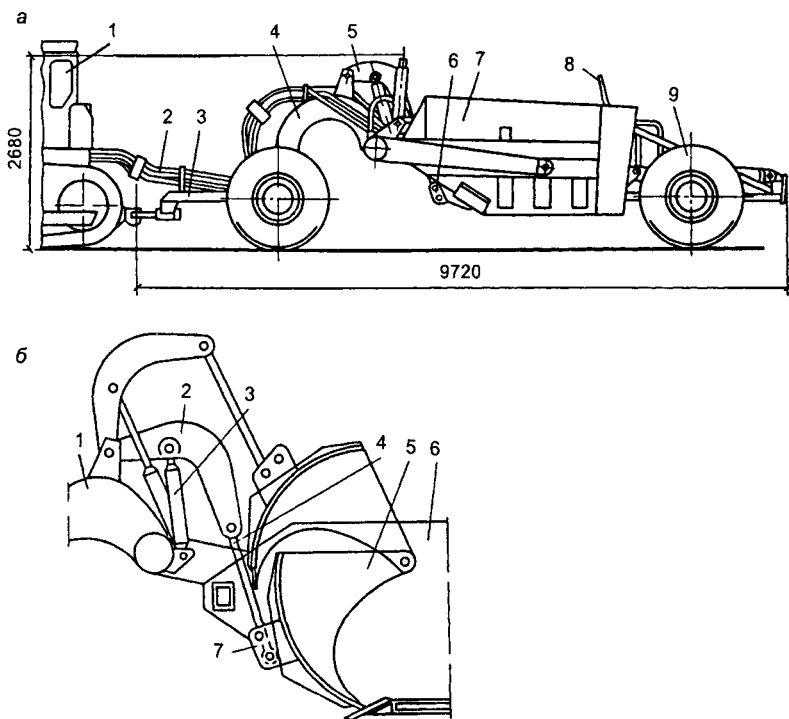


Рис. 3.10. Прицепной скрепер ДЗ-172.1 с гидравлическим управлением:

а — общий вид; 1 — трактор; 2 — гидросистема; 3 — передняя ось; 4 — тяговая рама; 5 — рычажный механизм управления заслонкой; 6 — заслонка; 7 — ковш; 8 — задняя стенка; 9 — колесо; б — схема рычажного механизма заслонки; 1 — тяговая рама; 2 — рычаг; 3 — гидроцилиндр; 4 — тяга; 5 — заслонка; 6 — ковш; 7 — проушина

высокой мобильностью, маневренностью, транспортными скоростями и большей производительностью (в 1,5–2,5 раза) по сравнению с прицепными скреперами той же вместимости.

Самоходные скреперы эффективно использовать при дальностях возки грунта на 300–5000 м, прицепные и полуприцепные к гусеничным тягачам — на 100–800 м.

Самоходный скрепер с гидравлическим управлением (рис. 3.12) представляет собой двухосную пневмоколесную машину, состоящую из одноосного тягача / и полуприцепного одноосного скреперного

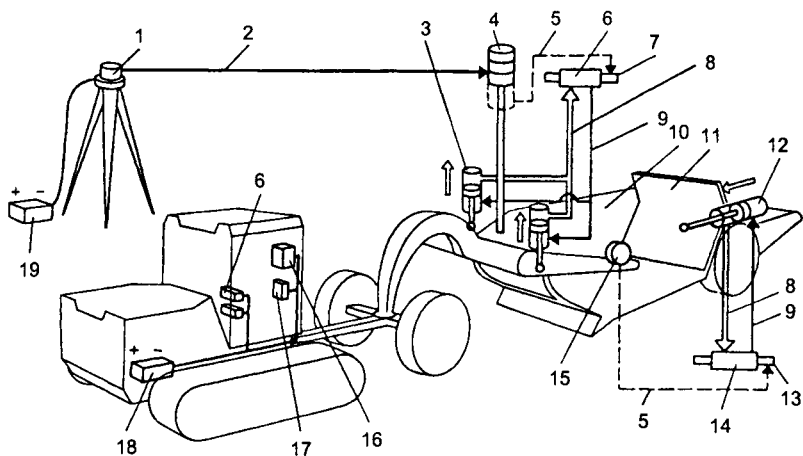


Рис. 3.11. Функциональная схема системы «Копир-Стабилоплан»:

1 — излучатель; 2 — оптическая плоскость; 3, 12 — гидроцилиндры; 4 — фотоприемное устройство; 5 — электрический сигнал; 6, 14 — гидрораспределители; 7, 13 — электромагниты; 8, 9 — гидролинии; 10 — ковш; 11 — задняя стенка; 15 — преобразователь; 16, 17 — пульт; 18, 19 — аккумуляторные батареи

оборудования, соединенных между собой универсальным седельно-сцепным устройством 2. На тягаче смонтированы два гидроцилиндра для его поворота относительно скрепера в плане. Седельно-сцепное устройство обеспечивает возможность относительного поворота тягача и скрепера в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В задней части машины имеется буферное устройство 10 для толкания скрепера трактором в процессе набора грунта.

Основным узлом скрепера является ковш 7 с двумя боковыми стенками и днищем, к подножевой плите которого крепят сменные двухлезвийные ножи 11. Ковш снабжен выдвижной задней стенкой 8 для принудительной разгрузки, а в передней части — заслонкой 6, поднимающейся при наборе и выгрузке грунта. Заслонка служит для регулирования ширины при загрузке ковша и закрывает ковш при транспортировании грунта. Ковш шарнирно соединен с тяговой П-образной рамой 5, жестко соединенной с хоботом 3. Гидравлическая система управления обеспечивает подъем и опускание ковша 7, заслонки 6, выдвижение задней стенки 8 и возврат ее в исходное положение с помощью трех пар гидроцилиндров 4, 9 и 12.

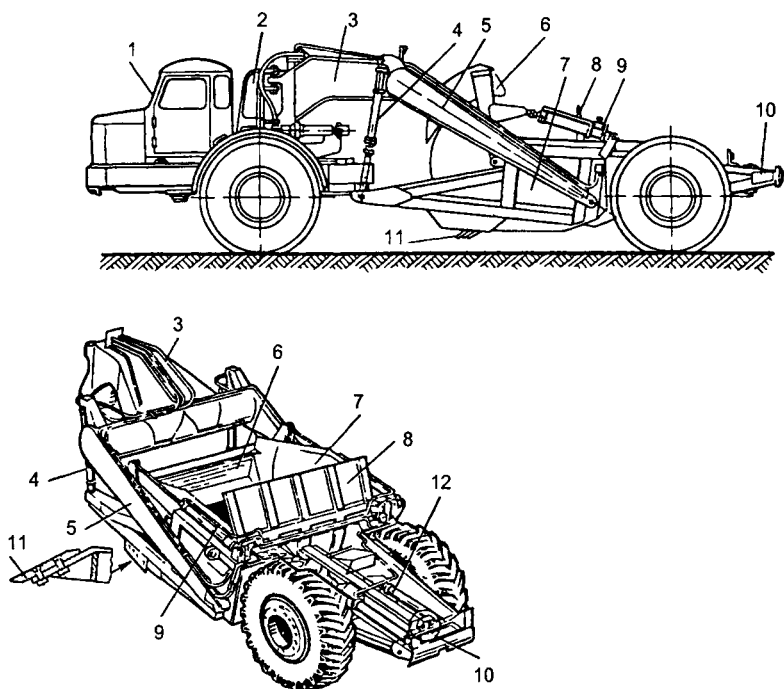


Рис. 3.12. Самоходный скрепер с ковшем вместимостью 8 м³:

а — общий вид; б — рабочий орган

Шестеренные насосы гидросистемы приводятся в действие от коробки отбора мощности тягача. Раздельное управление гидроцилиндрами 4, 9 и 12 осуществляется золотниковым распределителем.

Промышленностью серийно выпускаются прицепные скреперы с ковшами 3,0–15 м³, работающие с тягачами мощностью 75–330 л. с. (55–240 кВт), и самоходные скреперы с ковшами 8–25 м³, агрегируемые с тягачами мощностью 180–1100 л. с. (130–800 кВт).

При наполнении ковша скорость движения скреперов составляет 2–4 км/ч, при транспортном передвижении — 0,5–0,8 максимальной скорости трактора или тягача. Увеличению производительности и эффективности работы скреперов способствует создание самоходных машин повышенной вместимости с двумя двигателями (дополнительный двигатель служит для привода колес скрепера), с индиви-

дуальным электромеханическим приводом колес тягача и скрепера, а также применение самоходных скреперных поездов из двух или трех скреперов с единым управлением, загружаемых поочередно или одновременно.

Ниже приведены некоторые примеры применяемых в строительстве самоходных скреперов.

Скрепер МоАЗ-6014 (рис. 3.13) двухосный на базе одноосного тягача МоАЗ-6442 с гидравлическим управлением и вместимостью ковша грунтом «с шапкой» 11 м³. Эффективно используется при необходимости транспортирования грунта на расстояние от 0,5 до 5 км. Трансмиссия тягача механическая, но имеются тягачи с гидромеханической трансмиссией. Управление рабочими органами скрепера гидравлическое. Ведущий мост одноосного тягача имеет рессорную подвеску с гидравлическими амортизаторами, что позволяет развивать высокие скорости в работе скрепера при соблюдении комфортных условий для машиниста.

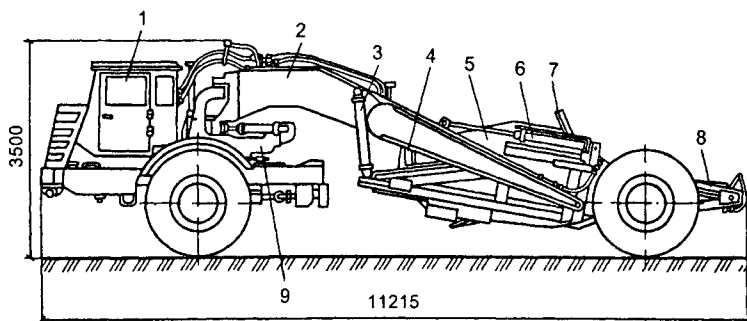


Рис. 3.13. Самоходный скрепер МоАЗ-6014 на базе тягача МоАЗ-6442:

1 — одноосный тягач МоАЗ-6442; 2 — тяговая рама; 3 — гидроцилиндр ковша; 4 — заслонка; 5 — ковш; 6 — гидроцилиндр заслонки; 7 — задняя стенка; 8 — гидроцилиндр задней стенки; 9 — седельно-сцепное устройство

Скрепер ДЗ-13Б (рис. 3.14) предназначен для послойной разработки грунтов, не содержащих каменистых включений крупностью более 350 мм. Набор грунта должен производиться с помощью трактора-толкача класса 25–35 с соответствующим толкающим устройством. Указанный двухосный скрепер сагрегирован на базе одноосного тягача БелАЗ-7442. Управление рабочим органом гидравлическое. Вместимость ковша 23 м³, грузоподъемность — 30 т.

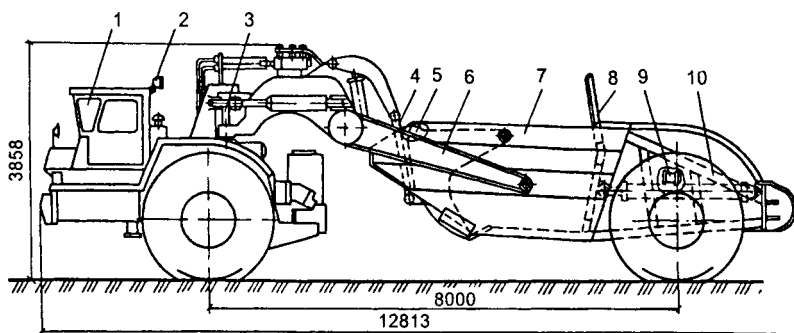


Рис. 3.14. Скрепер ДЗ-13Б:

1 — одноосный тягач БелАЗ-7442; 2 — электрооборудование; 3 — седельно-сцепное устройство; 4 — рычажный механизм заслонки; 5 — заслонка; 6 — тяговая рама; 7 — ковш; 8 — задняя стенка; 9 — пневмосистема тормозов; 10 — колесо

Эксплуатационная производительность скреперов (в м³/ч) в плотном теле

$$\Pi_3 = \frac{nqK_nK_v}{K_p},$$

где q — вместимость ковша скрепера, м³; K_n — коэффициент наполнения ковша грунтом ($K_n=0,6-1,1$); $K_n = q/q_1$ (где q_1 — объем рыхлого грунта в ковше скрепера); K_p — коэффициент разрыхления грунта в ковше скрепера ($K_p=1,1-1,3$); K_v — коэффициент использования машины по времени ($K_v=0,8-0,9$); n — число циклов в час: $n = 3600/t_{ц}$, где $t_{ц}$ — продолжительность одного рабочего цикла скрепера, с;

$$t_{ц} = \frac{l_3}{v_3} + \frac{l_T}{v_T} + \frac{l_{pz}}{v_{pz}} + \frac{l_{пх}}{v_{пх}} + t_n + 2t_{пов}.$$

Здесь $l_3, l_T, l_{pz}, l_{пх}$ — длины участков заполнения ковша, транспортировки грунта, разгрузки ковша, порожнего хода скрепера, м; $v_3, v_T, v_{pz}, v_{пх}$ — скорости скрепера при заполнении ковша, транспортировке грунта, разгрузке и порожнем ходе, м/с; t_n — время на переключение передач тягача; $t_{пов}$ — время на один поворот ($t_{пов} = 15-20$ с).

3.2.4. ГРЕЙДЕРЫ И АВТОГРЕЙДЕРЫ

Грейдер — это планировочно-профилировочная землеройно-транспортная машина, основным рабочим органом которой служит полноповоротный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами ходового оборудования. Различают грейдеры прицепные, полуприцепные и автогрейдеры.

Прицепной грейдер к гусеничному трактору с механическим ручным приводом рабочего оборудования является довольно сложной машиной и труден в управлении. Существенным недостатком прицепных грейдеров являются также необходимость в дополнительном машинисте непосредственно на грейдере, помимо машиниста на тракторе. В связи с этими недостатками прицепные грейдеры были сняты с производства. Взамен их стали применять полуприцепные гидрофицированные грейдеры СД-105А. Такие грейдеры имеют гидравлический привод рабочего оборудования из кабины трактора. Гидроцилиндрами осуществляется подъем-опускание отвала, боковой вынос отвала и тяговой рамы. Поворачивается отвал в плане с помощью поворотного круга от редуктора, управляемого вручную. В обычной поставке на грейдере установлена задняя ось из двух колес.

Такая конструкция повышает планирующие возможности грейдера. Кроме того, предусмотрено еще дополнительное оборудование грейдера — кирковщик, удлинитель отвала.

Грейдер ДЗ-168 конструктивно аналогичен грейдеру СД-105А, но в отличие от него управление поворотом отвала осуществляется также от пульты управления в кабине.

Автогрейдеры представляют собой современную конструкцию данной машины, смонтированной на пневмоколесном ходовом оборудовании (рис. 3.15).

Автогрейдеры применяют для послойной разработки и перемещения на расстояние до 100 м грунтов I—III групп при планировочных и профилировочных работах на строительных площадках и трассах строительства трубопроводов.

Автогрейдеры разделяют по конструктивной массе на легкие (до 9 т), средние (до 13 т) и тяжелые (до 19 т). Колесная схема А×Б×В, где А — число осей с управляемыми колесами; Б — число осей с ведущими колесами и В — общее число осей — автогрейдеров легкого и среднего типов 1×2×3, тяжелого типа 1×3×3.

Современные автогрейдеры выполнены по единой схеме и представляют собой самоходную трехосную машину с полноповоротным отвалом и гидравлической системой управления рабочими органами

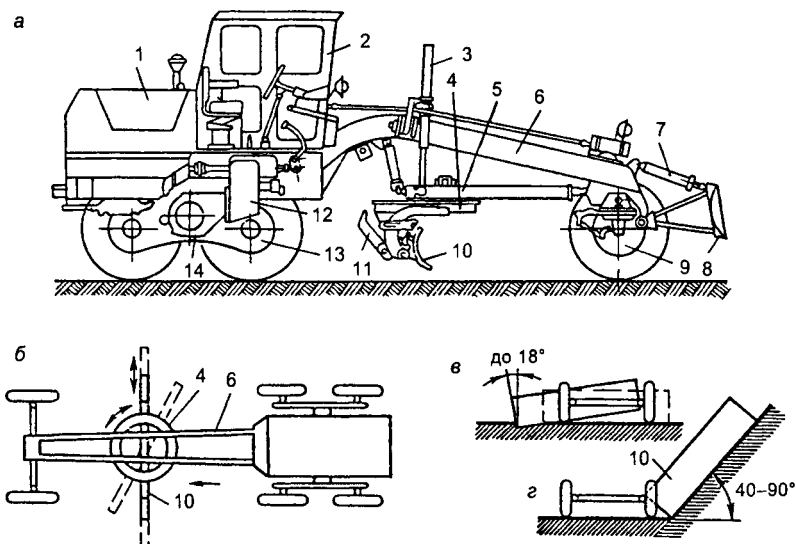


Рис. 3.15. Автогрейдер:

а — общий вид; б — схема поворота отвала в плане; в — боковое резание и перемещение грунта; г — боковой вынос отвала и планирование откоса

(рис. 3.15). Все узлы и агрегаты автогрейдера, в том числе двигатель 1 с трансмиссией 12, гидрооборудование, кабина водителя 2, основное и сменное рабочее оборудование, смонтированы на хребтовой (основной) раме 6 коробчатого сечения. Рама одним концом опирается на передний ведущий или ведомый мост 9 с поворотными в плане управляемыми пневмоколесами, а другим — на задний четырехколесный мост 14 с продольно-балансирной подвеской 13 парных колес. Передние колеса автогрейдера можно устанавливать с боковым наклоном в обе стороны для повышения устойчивости движения машины при работе и уменьшения радиуса поворота. Основное рабочее оборудование автогрейдера состоит из тяговой рамы 5, поворотного круга 4 и отвала 10 со сменными ножами. Полноповоротный отвал обеспечивает работу автогрейдера при прямом и обратном ходах машины.

Передняя часть тяговой рамы шарнирно соединена с рамой машины, а задняя часть подвешена на гидроцилиндрах 3, с помощью которых отвал устанавливают в различные положения: транспортное (поднятое) и рабочее (опущенное).

Кроме основного рабочего автогрейдер снабжается дополнительным сменным оборудованием: удлинителем и уширителем отвала для перемещения и планирования грунтов, откосниками (укрепляемыми на отвале) для планирования откосов насыпей (выемок) и очистки канав, кирковщиком *11* с шириной захвата 930–1400 мм для взлома дорожных покрытий и рыхления плотных грунтов на глубину до 250 мм, бульдозером *8* и двухотвальным снегоочистителем, которые устанавливаются спереди машины и управляются гидроцилиндром *7*. Гидравлическая система управления рабочим оборудованием обеспечивает подъем и опускание тяговой рамы вместе с поворотным кругом и отвалом, поворот отвала вместе с поворотным кругом в плане на 360°, вынос отвала (до 300–800 м) в обе стороны от продольной оси машины (рис. 3.15, б), установку отвала под различными углами (до 18°) в вертикальной плоскости (рис. 3.15, в), боковой вынос отвала для планировки откосов (рис. 3.15, г), а также совмещение различных установок отвала.

Промышленностью выпускаются легкие автогрейдеры с силовой установкой мощностью 60–90 л. с. (45–65 кВт) и отвалом длиной 3040 мм, средние автогрейдеры мощностью 108–110 л. с. (80–82 кВт), с отвалом длиной 3700 мм, тяжелые автогрейдеры мощностью 165 л. с. (121 кВт) с отвалом длиной 3700 мм. Легкие автогрейдеры обеспечивают глубину резания до 200 мм, средние — до 250 мм, тяжелые — до 500 мм.

Скорость перемещения автогрейдеров при резании грунта составляет 3,5–10 км/ч, при транспортных перемещениях — до 30 км/ч.

В последние годы промышленность начала выпускать более совершенные автогрейдеры с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 3.16). Такая конструкция автогрейдера позволяет значительно сократить радиус их поворота при сохранении управления передними колесами, а также повысить их устойчивость при копании за счет движения «крабом».

Автогрейдер ДЗ-143 (рис. 3.17) является одним из современных серийно выпускаемых автогрейдеров, оборудованных шарнирно-сочлененной рамой. На нем установлен двигатель А-10М мощностью 100 кВт с пускателем. На этом автогрейdere имеется более мощный рыхлитель-кирковщик, расположенный сзади машины. Он может быть также оснащен дополнительным оборудованием — плужным снегоочистителем, удлинителем отвала, толкающей плитой, щетками и др.

Автоматическое управление отвалом автогрейдера. В зависимости от модификации автогрейдеры всех классов оборудуются одной из систем такого управления: Профиль-10, Профиль-20, Профиль-30.

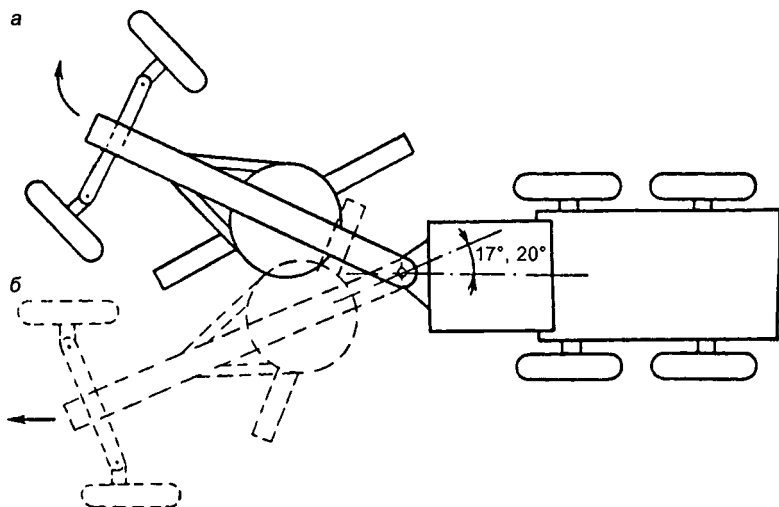


Рис. 3.16. Схема автогрейдера с шарнирно-сочлененной рамой:

а — положение для крутого поворота; *б* — положение при движении «краном»

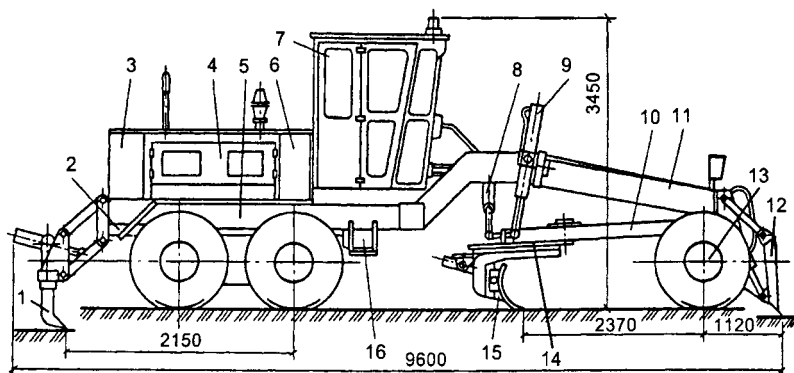


Рис. 3.17. Автогрейдер ДЗ-143:

1 — рыхлитель-кирковщик; 2 — рама подмоторная; 3 — гидробак; 4 — ящик аккумуляторный; 5 — задний мост; 6 — бак топливный; 7 — кабина; 8 — гидроцилиндр выноса отвала; 9 — гидроцилиндр подъема отвала; 10 — тяговая рама; 11 — основная рама; 12 — бульдозер; 13 — передняя ось; 14 — поворотный круг; 15 — отвал; 16 — коробка передач

Система Профиль-10 предназначена для автоматического обеспечения заданного углового положения отвала автогрейдера в поперечной плоскости независимо от поперечного профиля полотна и применяется при окончательной отделке или планировке поверхности. Система позволяет работать как в режиме ручного управления отвалом, так и в режиме автоматического выдерживания заданного поперечного профиля полотна.

В состав этой системы входят датчик угла, блок управления ею, гидрораспределитель с электрогидравлическим управлением, подключаемым к гидроцилиндру. При отклонении автогрейдера от нужного положения отвала скользящий контакт токосоема подает сигнал на блок управления, а тот подает команду на электромагнит гидрораспределителя, который через золотник выводит его в требуемое положение. Толщину срезаемой стружки регулируют вручную. Основным отличием системы Профиль-20 является наличие в ней датчика продольного профиля с подъемным устройством. Система Профиль-30 (рис. 3.18) для автоматического управления положениями отвала состоит из автономной и копирно-лазерной систем.

Фотоприемное устройство (ФПУ) устанавливают на штанге на тяговой раме автогрейдера. Оно предназначено для приема сигналов от лазерного излучателя и состоит из четырех вертикально расположенных световодов, позволяющих принимать сигнал в диапазоне 360° .

Фотоприемное устройство при заданном высотном положении отвала относительно разрабатываемой поверхности H выставляется с помощью подъемного устройства по лучу лазерного излучателя. При движении автогрейдера по неровностям отвал вместе с фотоприемным устройством отклоняется от положения, заданного лазерным излучателем.

В результате смещения луча по световодам ФПУ возникает сигнал, который преобразуется в электрический. Информация о положении световодов ФПУ поступает на блок коммутации и усилитель сигналов, а затем в виде электрических сигналов подается на электромагнит гидрораспределителя управления гидроцилиндром. Если, например, ФПУ опустилось относительно луча излучателя, т. е. отвал заглобился, сигнал поступает на электромагнит гидрораспределителя, подающий рабочую жидкость в штоковую полость гидроцилиндра, и отвал выглубляется.

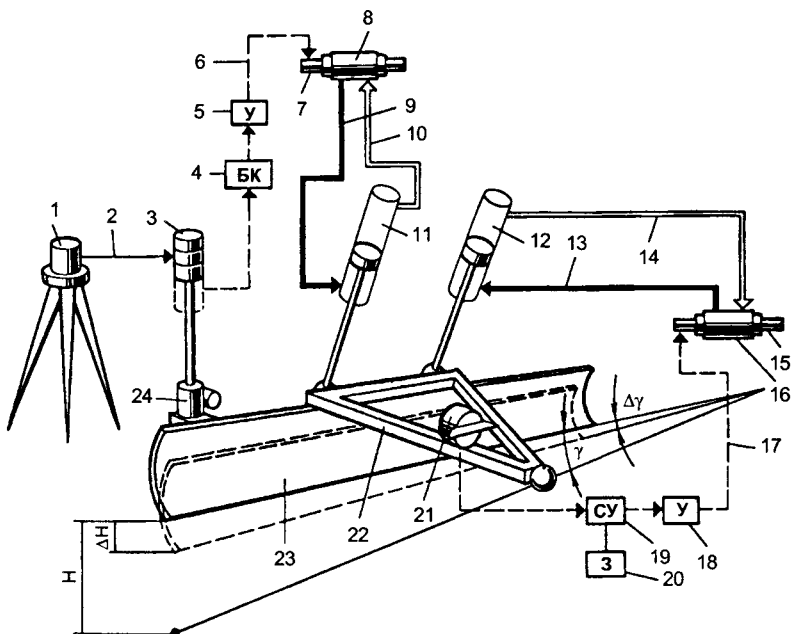


Рис. 3.18. Функциональная схема системы Профиль-30 автоматического управления автогрейдером:

1 — лазерный излучатель; 2 — лазерный луч; 3 — фотоприемное устройство; 4 — блок коммутации; 5, 18 — усилители сигналов; 6, 17 — электрические сигналы; 7, 15 — электромагниты; 8, 16 — гидрораспределители; 9, 13 — напорные гидролинии; 10, 14 — сливные гидролинии; 11, 12 — гидроцилиндры; 19 — сравнивающее устройство; 20 — задатчик; 21 — преобразователь; 22 — тяговая рама; 23 — отвал; 24 — подъемное устройство; γ , $\Delta\gamma$ — отклонения

3.3. ЭКСКАВАТОРЫ

Экскаватор — это самоходная землеройная машина с основным рабочим органом в виде одного ковша или группы ковшей, производящая разработку (копание) грунта и перемещение его на сравнительно небольшие расстояния в транспортные средства или непосредственно в отвалы. Экскаватор состоит из рабочего оборудования для копания и перемещения грунта, ходового устройства — для передвижения машины и силовой установки — для приведения в действие всех механизмов экскаватора.

В зависимости от числа ковшей различают одноковшовые (периодического действия) и многоковшовые, или скребковые (непрерывного действия), экскаваторы.

3.3.1. ОДНОКОВШОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Строительными называют одноковшовые универсальные экскаваторы с ковшами вместимостью 0,25–4 м³, оснащаемые различными видами сменного рабочего оборудования. Строительные экскаваторы предназначены для земляных работ в грунтах I–IV групп. При помощи унифицированного сменного рабочего оборудования (до 40 видов) они могут выполнять также погрузочные, монтажные, сваебойные, планировочные, зачистные и другие работы.

Основными частями строительных экскаваторов являются ходовое устройство, поворотная платформа (с размещенными на ней силовой установкой, механизмами, системой управления и кабиной машиниста) и сменное рабочее оборудование.

Рабочее оборудование обеспечивает заполнение рабочего органа разрабатываемым или загружаемым материалом, его перемещение в вертикальной плоскости к месту выгрузки и выгрузку. Оно включает стрелу, рукоять и ковш. Стрелу рабочего оборудования монтируют на поворотной платформе шарнирно в проушинах.

Ходовое устройство предназначено для восприятия и передачи на опорную площадку силы тяжести экскаватора и сил взаимодействия рабочего органа с грунтом, стопорения машины в забое при ее работе, маневрирования экскаватора в забое и перемещения его по ходу работ. Ходовое устройство включает в себя раму, гусеничный или колесный движитель и механизм их привода и стопорения. На раму ходового устройства через унифицированный роликовый опорно-поворотный круг опирается поворотная платформа. Опорно-поворотный круг позволяет вращать платформу с рабочим оборудованием.

Рабочий цикл одноковшового экскаватора при разработке грунтов состоит из следующих последовательно выполняемых операций: копанье грунта, подъем наполненного ковша из забоя, поворот ковша на разгрузку, разгрузка грунта в транспортные средства или в отвал, возврат порожнего ковша в исходное положение. В процессе работы возможно совмещение отдельных операций (например, таких, как подъем и опускание ковша с поворотом его в плане), что позволяет сократить продолжительность цикла.

Строительные экскаваторы классифицируют по следующим признакам: 1) по типу ходового устройства — на гусеничные (на нормальном

и уширенном гусеничном ходу), пневмоколесные, на специальном шасси, на базе автомобиля или трактора (рис. 3.19); 2) по типу привода — на дизельные (механические), электрические с питанием от внешней сети, дизель-электрические и гидравлические; 3) по количеству приводных двигателей — на одномоторные (привод всех механизмов экскаватора осуществляется от одного двигателя через механическую трансмиссию или гидрообъемную передачу) и многомоторные (привод каждого механизма экскаватора осуществляется от индивидуального гидравлического или электрического двигателя); 4) по конструкции поворотной части — на полноповоротные (поворот платформы с рабочим оборудованием обеспечивается на 360°) и неполноповоротные (угол поворота рабочего оборудования в плане ограничен $180\text{--}270^\circ$); 5) по способу подвески рабочего оборудования — с гибкой подвеской (при помощи канатных полиспастов) (рис. 3.20) и с жесткой подвеской (при помощи гидроцилиндров) (рис. 3.21); 6) по виду исполнения рабочего оборудования — с шарнирно-рычажным и телескопическим рабочим оборудованием.

Система индексации экскаваторов. Действующая система индексации предусматривает следующую структуру индекса (рис. 3.22). Буквы ЭО означают «экскаватор одноковшовый универсальный».

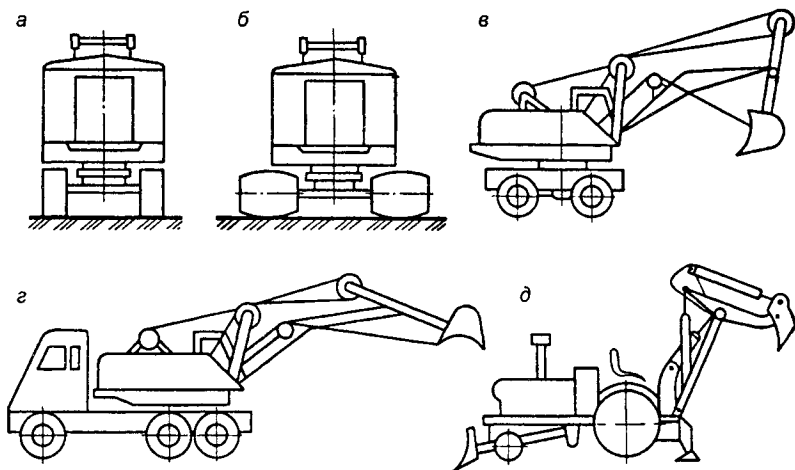


Рис. 3.19. Классификация экскаваторов по типу ходового устройства:

а — гусеничный; б — гусеничный с увеличенной поверхностью гусениц; в — пневмоколесный; г — на специальном шасси; д — на базе трактора

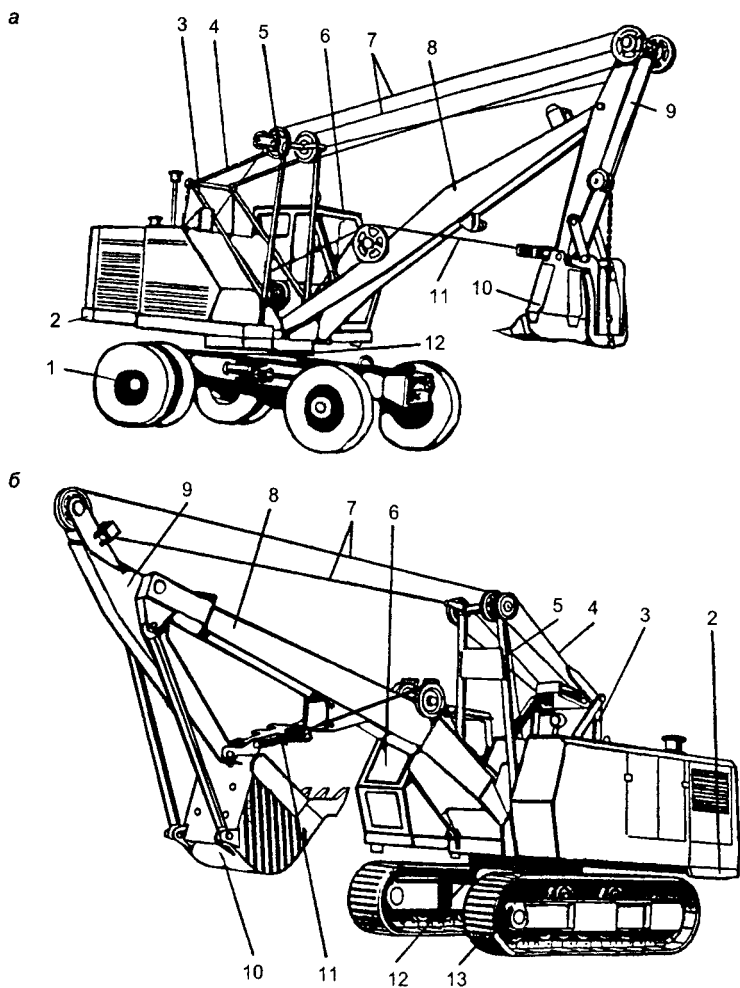


Рис. 3.20. Строительные полноповоротные экскаваторы с механическим приводом и гибкой подвеской рабочего оборудования:

а — пневмокошесный третьей размерной группы; б — гусеничный четвертой размерной группы; 1 — пневмокошесное ходовое устройство; 2 — поворотная платформа; 3 — двуногая стойка; 4 — стрелоподъемный канат; 5 — передняя стойка; 6 — кабина машиниста; 7 — подъемный канат; 8 — стрела; 9 — рукоять; 10 — ковш обратной лопаты; 11 — тяговый канат; 12 — опорно-поворотное устройство; 13 — гусеничное ходовое устройство

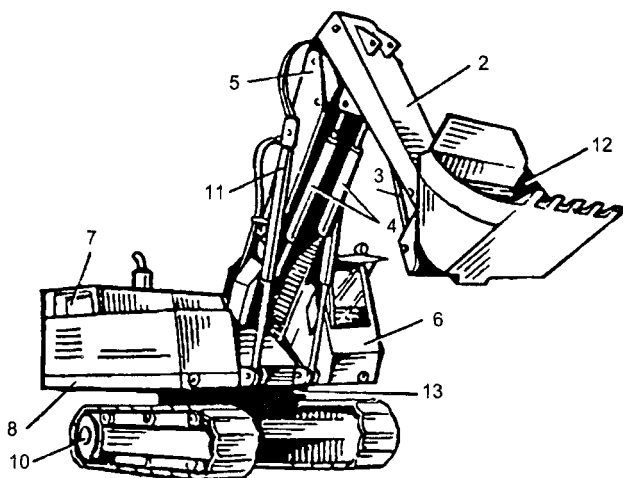
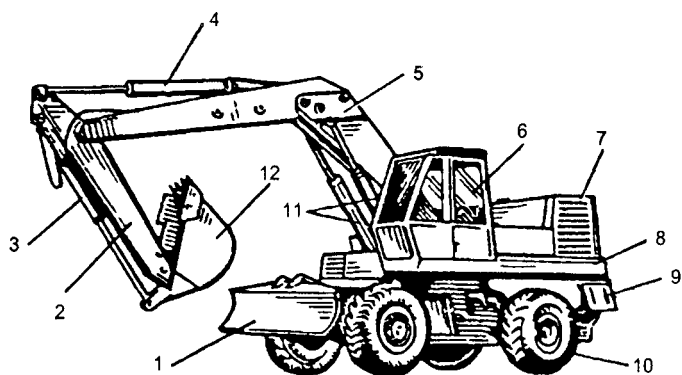


Рис. 3.21. Строительные полноповоротные экскаваторы с гидравлическим приводом и жесткой подвеской шарнирно-рычажного рабочего оборудования:

а — пневмоколесный с обратной лопатой вместимостью 0,65 м³; *б* — гусеничный с прямой лопатой вместимостью 1,6 м³; 1 — бульдозерный отвал; 2 — рукоять; 3 — гидроцилиндр ковша; 4 — гидроцилиндры рукояти; 5 — стрела; 6 — кабина машиниста; 7 — силовая установка; 8 — поворотная платформа; 9 — аутригеры; 10 — ходовое устройство; 11 — гидроцилиндры стрелы; 12 — ковш; 13 — опорно-поворотный круг

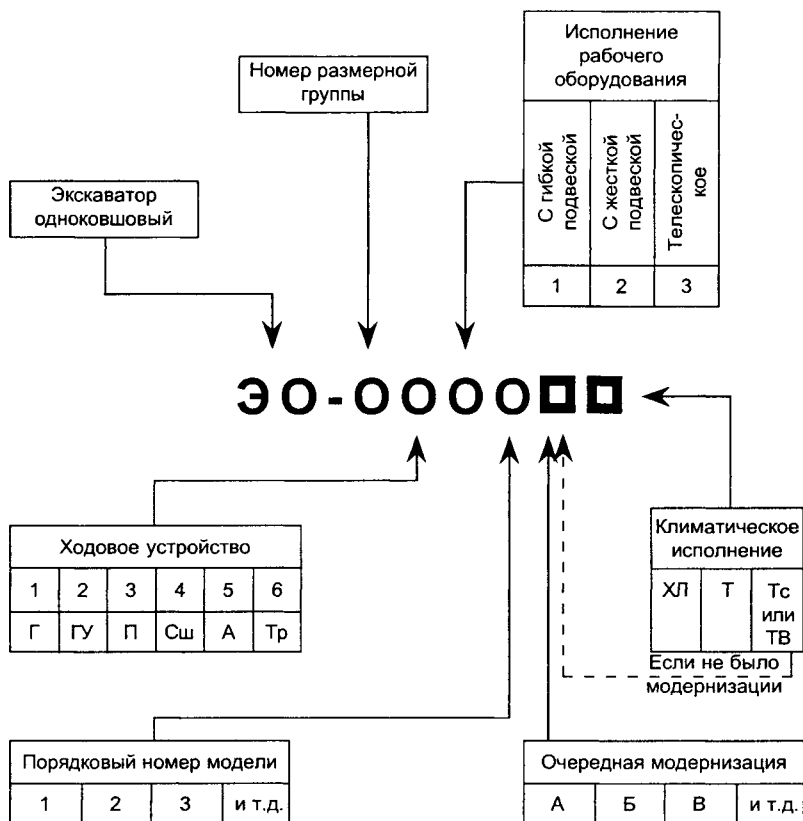


Рис. 3.22. Структурная схема индексации одноковшовых универсальных экскаваторов:

Г — гусеничное ходовое устройство с минимально допустимой поверхностью гусениц; ГУ — гусеничное ходовое устройство с увеличенной поверхностью гусениц; П — пневмоколесное ходовое устройство; СШ — специальное шасси автомобильного типа; А — шасси грузового автомобиля; Тр — трактор; П_р — прицепное ходовое устройство; П_п — плавучее ходовое устройство

Далее четыре основные цифры индекса последовательно означают: размерную группу машины, тип ходового устройства, конструктивное исполнение рабочего оборудования (вид подвески) и порядковый номер данной модели. Восемь размерных групп экскаваторов обозначаются цифрами с 1 до 8. Размер экскаватора характеризуют

масса машины и мощность основного двигателя, а также вместимость основного ковша. В настоящее время серийно выпускаются экскаваторы 2–6-й размерных групп. Вместимость основных ковшей экскаваторов составляет: для 2-й размерной группы — 0,25–0,28 м³; 3-й — 0,40–0,65 м³; 4-й — 0,65–1,00 м³; 5-й — 1,00–1,60 м³; 6-й — 1,60–2,50 м³; 7-й — 2,50–4,00 м³.

Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9: 1 — гусеничное (Г); 2 — гусеничное уширенное (ГУ); 3 — пневмокошесное (П); 4 — специальное шасси автомобильного типа (СШ); 5 — шасси грузового автомобиля (А); 6 — шасси серийного трактора (Т_р); 7 — прицепное ходовое устройство (П_р); 8, 9 — резерв. Конструктивное использование рабочего оборудования указывается цифрами: 1 (с гибкой подвеской), 2 (с жесткой подвеской), 3 (телескопическое). Последняя цифра индекса означает порядковый номер модели экскаватора. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т. д.) означает порядковую модернизацию данной машины, последующие — вид специального климатического исполнения (С или ХЛ — северное, Т — тропическое, ТВ — для работы во влажных тропиках). Например, индекс ЭО-5123ХЛ расшифровывается так: экскаватор одноковшовый универсальный, 5-й размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, третья модель в северном исполнении. Экскаватор оборудуется основным ковшом вместимостью 1,0 м³, соответствующим 5-й размерной группе, и сменными вместимостью 1,25 и 1,6 м³.

Экскаваторы с механическим приводом (см. рис. 3.20) представляют собой полноповоротные машины с гибкой подвеской рабочего оборудования (рукоять 9 с ковшом 10 подвешены на канатном полиспасте 7, стрела 8 — на полиспасте 7).

Основными видами сменного рабочего оборудования таких машин являются прямая лопата, обратная лопата, драглайн, кран и грейфер (рис. 3.23).

Экскаватор с рабочим оборудованием *прямой лопаты* (рис. 3.23, а) разрабатывает грунт в забое, расположенном выше уровня стоянки машины. В комплект оборудования прямой лопаты входят стрела, рукоять, ковш, напорный механизм (у экскаваторов с ковшами вместимостью до 0,4 м³ напорный механизм отсутствует), седловой подшипник, подъемный и стрелоподъемный полиспасты. При копании ковш движется снизу вверх и от экскаватора.

Экскаватор с оборудованием *обратной лопаты* (рис. 3.23, б) предназначается для рытья траншей и небольших котлованов, расположенных ниже уровня его стоянки. При копании ковш движется

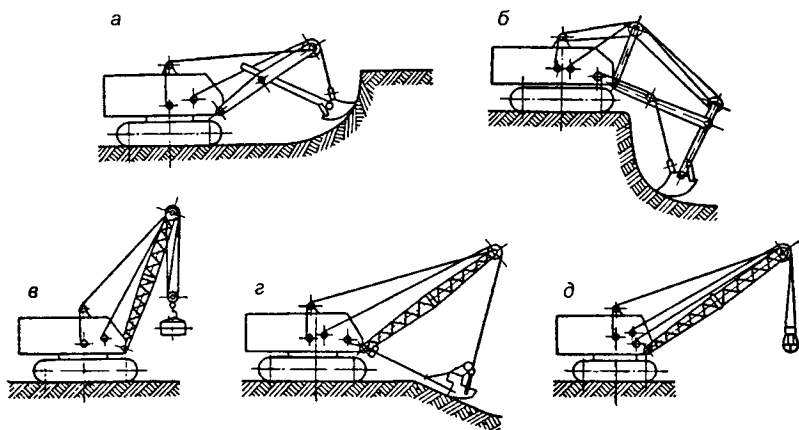


Рис. 3.23. Основные виды сменного рабочего оборудования строительных экскаваторов с механическим приводом

сверху вниз к экскаватору. Врезание ковша в грунт происходит под действием силы тяжести рабочего оборудования.

Экскаватор с оборудованием *драглайна* (рис. 3.23, б) разрабатывает грунт также ниже уровня своей стоянки и применяется для рытья траншей для различных коммуникаций в водонасыщенных грунтах и под водой. Копание грунта происходит в результате подтягивания ковша к экскаватору тяговым канатом.

Экскаватор с *крановым* оборудованием — экскаватор-кран (рис. 3.23, в) используют на различных монтажных и погрузочно-разгрузочных работах. В комплект кранового оборудования входят удлиненная решетчатая стрела, стрелоподъемный и грузовой полиспасты, грузовой крюк или специальные устройства для захвата грузов.

Экскаватор с *грейферным* оборудованием (рис. 3.23, д) применяют при погрузке и выгрузке сыпучих и мелкокусковых материалов, очистке траншей и котлованов от обрушившегося грунта и снега, для рытья колодцев водозаборов и узких глубоких котлованов в легких грунтах, а также для рытья траншей под водой. Грейферное оборудование включает удлиненную решетчатую стрелу, грейферный ковш, подъемные и замыкающие канаты и блоки. Ковш состоит из двух челюстей, шарнирно соединенных изнутри поперечиной с обоймой подвижных блоков полиспаста замыкающего каната, а снаружи — четырьмя тягами, объединенными поперечиной, к которой крепят подъемный канат. Копание грунта производится

в результате смыкания челюстей ковша при натяжении замыкающего каната.

На строительстве сетей и сооружений водоснабжения и канализации наиболее распространены универсальные строительные экскаваторы с ковшами вместимостью 0,4–0,65 м³, основным рабочим оборудованием которых является обратная лопата.

Экскаваторы Э-302Б, Э-303Б (ЭО-3111В) и Э-304В (ЭО-3211Б) с ковшом вместимостью 0,4 м³ предназначены для разработки грунтов I–IV групп и представляют собой группу унифицированных полноповоротных машин с механическим приводом, имеющих одинаковую конструкцию сменного рабочего оборудования и поворотных платформ. Экскаватор Э-302Б на пневмоколесном ходу (см. рис. 3.20, а) обладает высокой маневренностью и мобильностью. Особенно успешно экскаватор Э-302Б применяют на работах в стесненных условиях при строительстве подземных коммуникаций в городских условиях. Экскаватор Э-303Б на нормальном гусеничном ходу предназначен для работы в обычных грунтовых условиях, а экскаватор повышенной проходимости Э-304Б на уширенном и удлиненном гусеничном ходу — для работы на слабых, переувлажненных и заболоченных грунтах.

Экскаваторы оснащаются унифицированной лопатой (прямой и обратной) и драглайном вместимостью по 0,4 м³, грейфером вместимостью 0,35 м³ и крановым оборудованием грузоподъемностью до 5 т.

В водопроводном строительстве также широко применяется полноповоротный универсальный экскаватор на гусеничном ходу Э-652Б с ковшом вместимостью 0,65 м³ и в частности при производстве земляных (в грунтах I–IV групп), монтажных и погрузочно-разгрузочных работ.

Сменное рабочее оборудование машины: прямая и обратная лопаты вместимостью 0,65 м³, грейфер вместимостью 0,65 м³, драглайны вместимостью 0,8 м³ и крановое оборудование грузоподъемностью до 10 т.

Привод всех механизмов экскаватора осуществляется от дизеля мощностью 82 л. с. (60 кВт). Движение вала дизеля передается через главную фрикционную муфту сцепления.

Экскаваторы с гидравлическим приводом. Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом представляют собой полно- и неполноповоротные машины с жесткой подвеской рабочего оборудования, у которых для передачи мощности от двигателя к рабочим механизмам используется гидравлический объемный (статический) привод.

Параметры гидравлических экскаваторов регламентированы Государственным стандартом — ГОСТ, в котором для каждой размер-

ной группы приведено несколько вместимостей ковшей. Применением гидравлических универсальных экскаваторов, технологические возможности которых значительно выше машин с механическим приводом, обеспечивается высокий уровень механизации земляных работ. Гидравлические экскаваторы имеют более широкую номенклатуру сменных рабочих органов, число которых постоянно растет, большее число основных и вспомогательных движений рабочего оборудования.

К настоящему времени уже 80 % выпускаемых в стране универсальных экскаваторов с ковшами вместимостью до 1 м³ являются гидравлическими.

Гидравлический привод позволяет: значительно упростить кинематику трансмиссии и рабочего оборудования машины; уменьшить габариты машины; рационально совмещать рабочие операции; максимально использовать мощность силовой установки; повысить мобильность и универсальность машин и улучшить качество выполняемых работ; сообщать сменным рабочим органам движения, позволяющие выполнять земляные работы в труднодоступных местах; обеспечивать плавность движения и точную ориентацию рабочего органа; реализовать большие (в 1,5–2 раза) усилия копания; улучшить условия труда машиниста.

Перечисленные преимущества обеспечивают повышение производительности гидравлических экскаваторов по сравнению с механическими в среднем на 30–35 %.

По виду исполнения рабочего оборудования различают гидравлические экскаваторы с шарнирно-рычажным и телескопическим рабочим оборудованием.

Для удержания и приведения в действие шарнирно-рычажного рабочего оборудования используют жесткие связи — гидравлические цилиндры. Основные рабочие движения шарнирно-рычажного оборудования в вертикальной плоскости: изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти. Основным рабочим движением телескопического рабочего оборудования является выдвижение и втягивание телескопической стрелы.

Гидравлические **полноповоротные** универсальные экскаваторы с **шарнирно-рычажным рабочим оборудованием** (см. рис. 3.21) оснащены ковшами вместимостью 0,5–4,0 м³ и предназначены для земляных работ в грунтах I–IV групп. При помощи сменного рабочего оборудования они могут выполнять также погрузочные, монтажные, планировочные и другие работы. Современные полноповоротные машины

созданы на базе единых конструктивных схем и широкой унификации агрегатов и узлов. Они состоят из ходового гусеничного или пневмоколесного устройства 10, поворотной платформы 9 с размещенными на ней силовой установкой 7, узлами гидропривода и кабиной машиниста 6 и сменного рабочего оборудования.

Привод рабочего оборудования полноповоротных экскаваторов осуществляется от силовых гидроцилиндров двустороннего действия, а поворот платформы и передвижение машины — от индивидуальных гидромоторов.

Силовые гидроцилиндры сообщают движение элементам рабочего оборудования в вертикальной плоскости. При их помощи осуществляется подъем и опускание стрелы 5 (гидроцилиндры 11), поворот рукояти 2 относительно стрелы (гидроцилиндры 4), поворот ковша 12 относительно рукояти (гидроцилиндр 3) (см. рис. 3.21).

Основными видами сменного рабочего оборудования являются прямая и обратная лопаты, грейфер и погрузчик со сменными ковшами различной формы и вместимости.

Экскаватор с рабочим оборудованием *прямой лопаты* (рис. 3.24) разрабатывает грунт в забое, расположенном выше уровня стоянки машины. В комплект оборудования прямой лопаты входят: стрела 3, рукоять 2, ковш 1 с зубьями и гидроцилиндры 4 и 5 подъема стрелы и поворота рукояти. При копании ковш движется снизу вверх и от машины в сторону забоя. Оборудование прямой лопаты выполняется в двух вариантах: с жестко закрепленным на рукояти ковшом (рис. 3.24, а) и с поворотным ковшом (рис. 3.24, б), присоединенным к рукояти шарнирно. Открывание днища 7 жестко закрепленного ковша осуществляется короткоходовым гидроцилиндром 6. Для привода поворота ковша используется гидроцилиндр 8. За счет поворота ковша улучшается его наполнение и повышается точность выгрузки. Поворотный ковш — одно из преимуществ гидравлических экскаваторов.

Прямой лопатой с поворотным ковшом можно производить также планирование забоя. Вместимость основных ковшей прямой лопаты: 0,65; 0,8; 1,0; 1,6; 2,5 м³.

Экскаватор с оборудованием *обратной лопаты* (рис. 3.25) предназначен для рытья выемок, расположенных ниже уровня его стоянки. Рабочее оборудование обратной лопаты состоит из ковша 1, стрелы 4, 7, рукояти 8 и гидроцилиндров 2, 3, 5 подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Разработка грунта производится как поворотом ковша относительно рукояти, так и поворотом рукояти относительно стрелы. При копании ковш движется сверху вниз, от забоя к экскаватору.

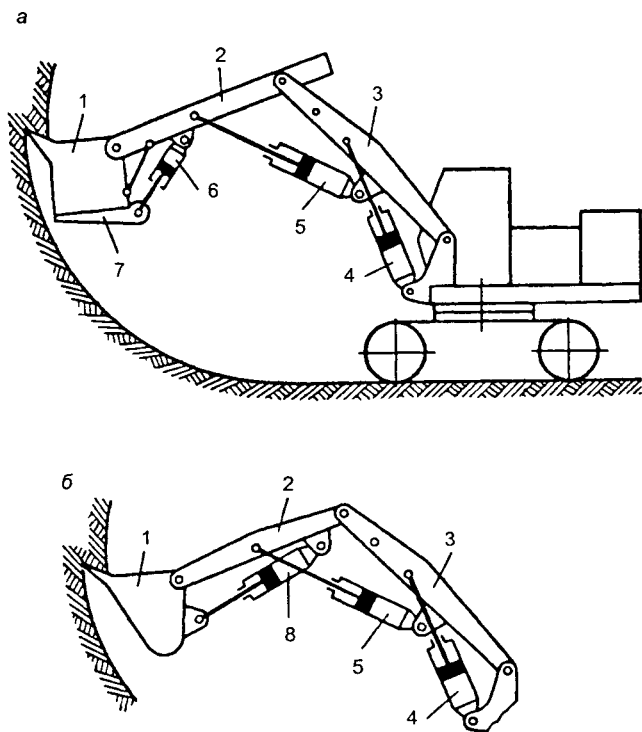


Рис. 3.24. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора с прямой лопатой

Ковш обратной лопаты не имеет открывающегося днища и может поворачиваться относительно рукояти 8 при помощи гидроцилиндра 2. Поворотом ковша осуществляется не только копание, но и выгрузка грунта, а также зачистка основания забоя. Передняя стенка ковша имеет зубья, число которых зависит от его ширины. Ковши, предназначенные для рытья траншей, могут иметь зубья на боковых стенках.

Обратная лопата со сменными ковшами различной вместимости и формы является основным видом рабочего оборудования пневмоколесных и гусеничных машин 2–4-размерных групп. Вместимость основных ковшей обратной лопаты составляет 0,5 и 0,65 м³ у серийных пневмоколесных экскаваторов и 0,5; 0,66; 1,0; 1,25; 1,6 м³ — у гусеничных.

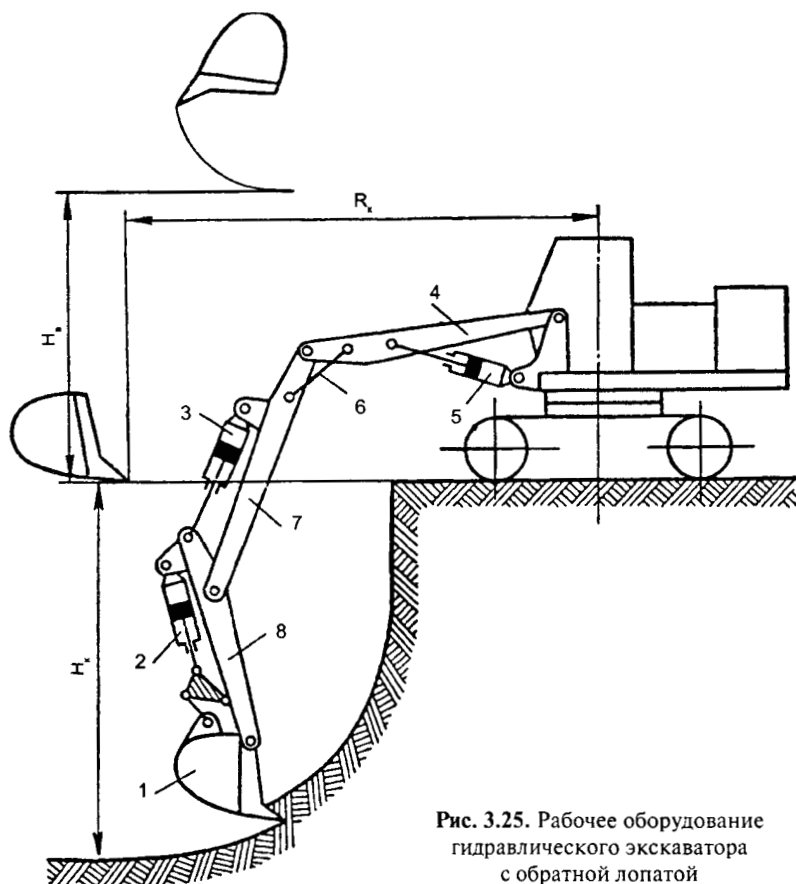


Рис. 3.25. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора с обратной лопатой

На полноповоротных экскаваторах применяют два вида стрел: неразъемную и составную изменяемой длины, состоящую из двух частей — основной 4 и удлиняющей 7. Части составной стрелы соединены между собой шарниром и тягой 6. Установкой тяги в различные положения на удлиняющей части стрелы достигается изменение длины стрелы. Составная стрела дает возможность изменять глубину H_k и радиус R_k копания (а также высоту выгрузки H_b), что в сочетании со сменными профильными ковшом различной вместимости позволяет расширить область применения экскаватора и использовать его с максимальной производительностью в различных грунтовых условиях.

Для выполнения работ вблизи стен и других сооружений, а также для рытья траншей, ось которых не совпадает с продольной осью машины, в оборудовании обратной лопаты применяют устройства, позволяющие поворачивать рукоять в плане вместе с гидроцилиндром влево или вправо на определенный угол (рис. 3.26). Такое рабочее оборудование является одним из преимуществ гидравлических экскаваторов. Для установки рукояти 2 под углом к продольной оси стрелы 1 применяется специальная промежуточная вставка 3, которая обеспечивает смещение оси копания до 1,5 м относительно продольной оси машины.

Экскаватор с *грейферным* оборудованием (рис. 3.27) применяют при погрузочно-разгрузочных работах, рытье колодцев и глубоких котлованов.

На экскаваторах с гидравлическим приводом устанавливают жестко подвешенные грейферы 1, у которых необходимое давление на

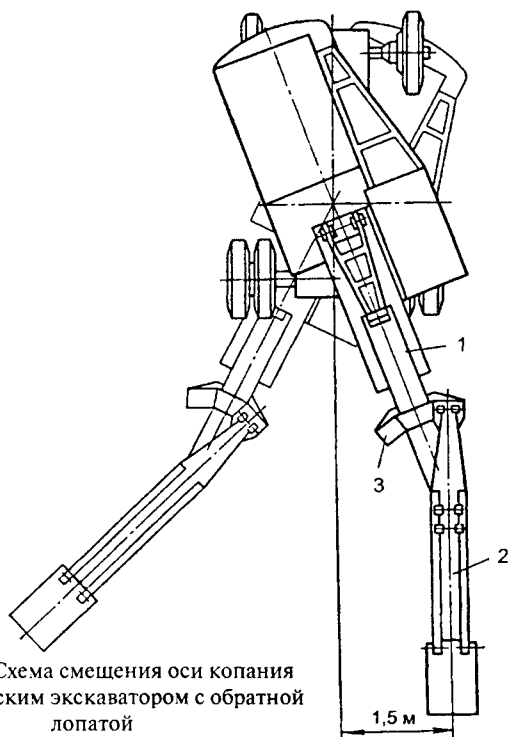


Рис. 3.26. Схема смещения оси копания гидравлическим экскаватором с обратной лопатой

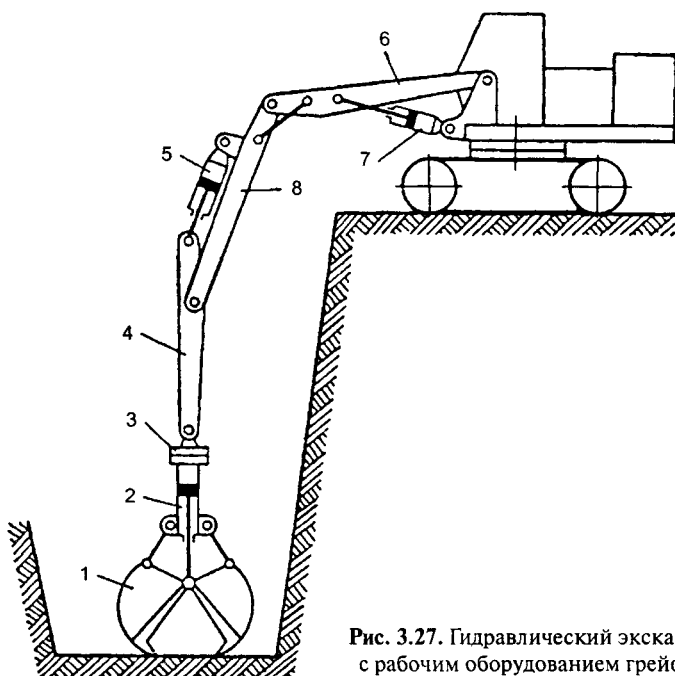


Рис. 3.27. Гидравлический экскаватор с рабочим оборудованием грейфера

грунт при врезании создается принудительно при помощи гидроцилиндров рабочего оборудования 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Это позволяет эффективно разрабатывать плотные грунты независимо от массы грейфера. Вместимость грейферных ковшей пневмоколесных машин составляет 0,5 и 0,65 м³, гусеничных — 0,5, 0,65 и 1,0 м³.

Для глубокого копания колодцев до 30 м, траншей и котлованов в оборудовании грейфера используют удлиняющие промежуточные вставки.

Экскаватор с оборудованием *погрузчика* (рис. 3.28) применяют для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов выше уровня стоянки машины, экскавации и погрузки в автосамосвалы (или отсыпки в отвал) несслежавшихся грунтов I–II категорий, а также легких планировочных работ на уровне стоянки экскаватора. Вместимость основных погрузочных ковшей / пневмоколесных экскаваторов составляет 0,65 и 0,80 м³, гусеничных — 1,5 и 2,8 м³.

Экскаваторы могут оснащаться крановой подвеской 2, 3, 4, 5, 6 с различными грузозахватными приспособлениями для выполнения

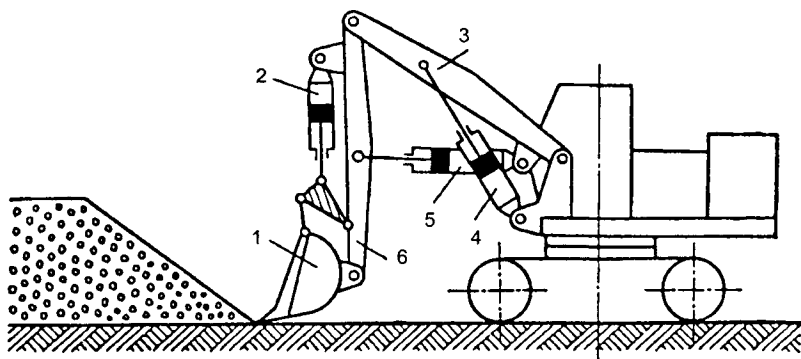


Рис. 3.28. Гидравлический экскаватор с рабочим оборудованием погрузчика

погрузочно-разгрузочных и монтажных работ, рыхлительным оборудованием для разработки мерзлых грунтов и взламывания дорожных покрытий, оборудованием для бурения шпуров и скважин, планировочными отвалами, клещами для камней, гидромолотами и т.п.

Нагрузки, действующие на рабочее оборудование при работе, а также масса поворотной части машины передаются на ходовое устройство через опорно-поворотный круг.

Полноповоротные экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим органом (см. рис. 3.21) имеют следующие основные параметры: глубина копания обратной лопатой H_k до 7,3 м, грейфером — до 10,6 м; наибольший радиус копания обратной лопаты — 10,8 м, прямой — 8,9 м; высота копания прямой лопатой до 9,65 м; наибольшая высота выгрузки обратной лопаты $H_v = 5,5$ м, прямой — 5,1 м; минимальная продолжительность рабочего цикла прямой лопаты 20 с, обратной — 24 с; максимальное усилие на зубьях ковша до 18800 кгс (184,2 кН); мощность силовой установки до 190 л. с. (140 кВт); масса машины до 34 т.

Гидравлические **неполноповоротные** универсальные экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим оборудованием являются в настоящее время основными землеройными машинами. Отечественные неполноповоротные экскаваторы оснащаются ковшами вместимостью 0,25–0,5 м³ и монтируются на базе серийных пневмоколесных тракторов с двигателями мощностью 60–80 л. с. (44–59 кВт). Они представляют собой мобильные малогабаритные землеройные машины, которые предназначены для выполнения земляных (в грунтах I–III групп) и погрузочных работ небольших объемов на рассредоточенных объектах. Применение таких экскаваторов наиболее целесообразно в стесненных

условиях. Экскаваторы (рис. 3.29) оснащаются быстросменным унифицированным рабочим оборудованием прямой или обратной 9 лопаты (последняя применяется значительно чаще) вместимостью 0,25 м³, грейферным ковшом вместимостью 0,3 м³, погрузочным ковшом вместимостью 0,5 м³, а также крановой подвеской грузоподъемностью 1,5 т, вилами и бульдозерным отвалом. Отвал 1, управляемый гидроцилиндром 2, навешивается впереди трактора. Устойчивость экскаватора при работе обеспечивается выносными гидравлическими опорами — аутригерами 14.

Наличие универсального рабочего оборудования позволяет использовать неполноповоротные экскаваторы для рытья и засыпки небольших котлованов, колодцев, неглубоких каналов, траншей для подземных коммуникаций, погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов; выполнения различных монтажных работ; погрузки-разгрузки штучных грузов; укладки трубопроводов; установки опор и

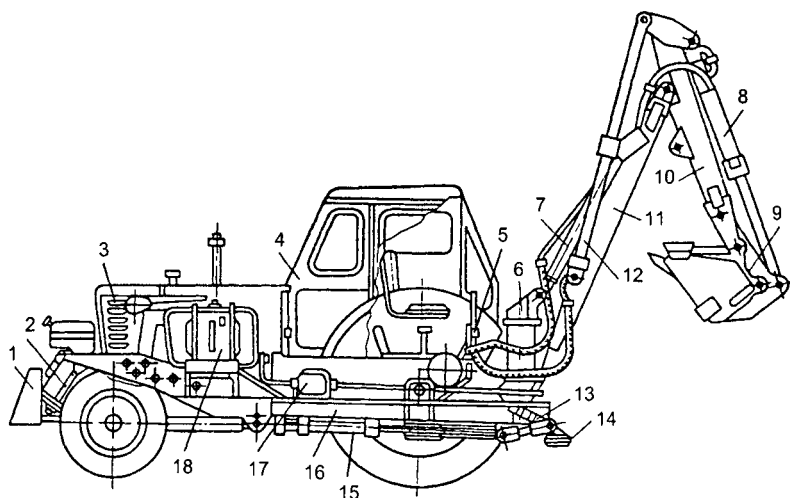


Рис. 3.29. Неполноповоротный гидравлический экскаватор с ковшом вместимостью 0,25 м³ на базе колесного трактора:

1 — бульдозерный отвал; 2 — гидроцилиндр отвала; 3 — дизельный двигатель; 4 — кабина машиниста; 5 — гидрораспределители; 6 — поворотная колонна; 7 — гидроцилиндр подъема-опускания стрелы; 8 — гидроцилиндр поворота ковша; 9 — ковш; 10 — рукоятка; 11 — стрела; 12 — гидроцилиндр рукоятки; 13 — гидроцилиндры выносных опор; 14 — опорные башмаки выносных опор; 15 — поворотный механизм; 16 — рама; 17 — гидронасосы; 18 — бак гидросистемы

колонн; производства легких зачистных и планировочных работ; очистки строительных площадок и дорог от снега и строительного мусора.

Рабочее оборудование неполноповоротного экскаватора — стрела 11, рукоять 10 и ковш 9 — монтируется на центральной поворотной колонне 6, установленной на усиленной раме 16 базового трактора. Для привода рабочего оборудования применяются гидроцилиндры двустороннего действия 7, 8 и 12. Гидроцилиндр 7 поднимает и опускает стрелу 11, гидроцилиндре 12 поворачивает рукоять 10, гидроцилиндр 8 поворачивает ковш обратной лопаты 9 или открывает ковш прямой лопаты.

Колонна 6 с рабочим оборудованием может поворачиваться вокруг вертикальной оси в плане на 180° при помощи цепного поворотного механизма 15. Последний состоит из двух гидроцилиндров, втулочно-роликовой цепи и звездочки, жестко закрепленной на валу поворотной колонны.

Неполноповоротные навесные гидравлические экскаваторы имеют следующие параметры: наибольший радиус копания прямой и обратной лопат — 4,7–5,0 м; глубину копания обратной лопатой — до 3,0 м, грейфером — до 3,5 м; высоту копания прямой лопатой — до 4,6 м; наибольшую высоту выгрузки обратной лопаты — 2,2 м, прямой — 3,3 м; максимальное усилие на зубьях ковша — до 2570 кгс (26,2 кН); максимальную продолжительность цикла прямой и обратной лопат — 15–17 с; максимальную производительность — до $60 \text{ м}^3/\text{ч}$; массу машины — до 5,7 т.

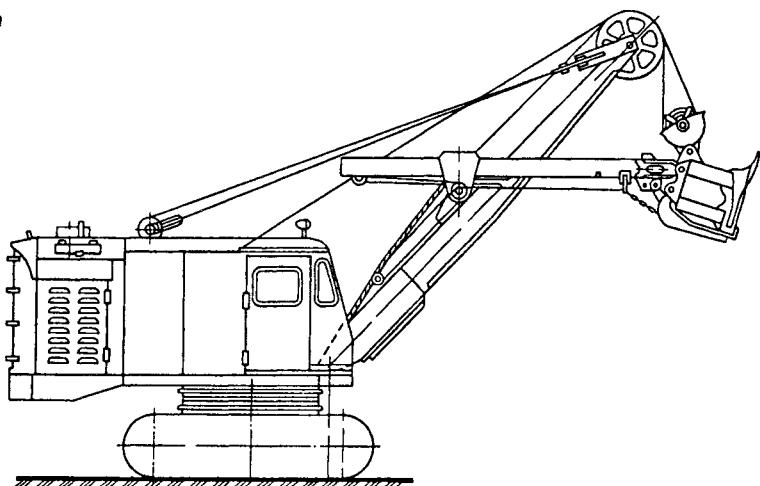
Ниже рассмотрим некоторые примеры применяемых одноковшовых экскаваторов с механическим и гидравлическим управлением.

На рис. 3.30 показаны гусеничные экскаваторы ЭО-4112 с механическим приводом и ЭО-5111Б с гидродинамическим приводом.

Экскаватор ЭО-4112 (рис. 3.30, а) может быть оборудован: прямой лопатой, обратной лопатой с универсальной стрелой и с Г-образной стрелой, драглайном, грейфером, рыхлителем и сваебойным оборудованием. Для прямой и обратной лопат экскаваторы оснащают ковшами $0,65 \text{ м}^3$ с прямоугольной режущей кромкой и зубьями, а также ковшами $0,8 \text{ м}^3$ прямой лопаты и драглайна с полукруглой режущей кромкой.

Экскаватор ЭО-5111Б (рис. 3.30, б) отличается применением гидродинамического привода, в котором между дизелем и трансмиссией установлен гидротрансформатор, обеспечивающий ряд преимуществ машине. На нем может быть установлено сменное рабочее оборудование прямой и обратной лопат, драглайна, крана и грейфера. Вместимость наиболее распространенных ковшей лопат — $1,0 \text{ м}^3$.

а



б

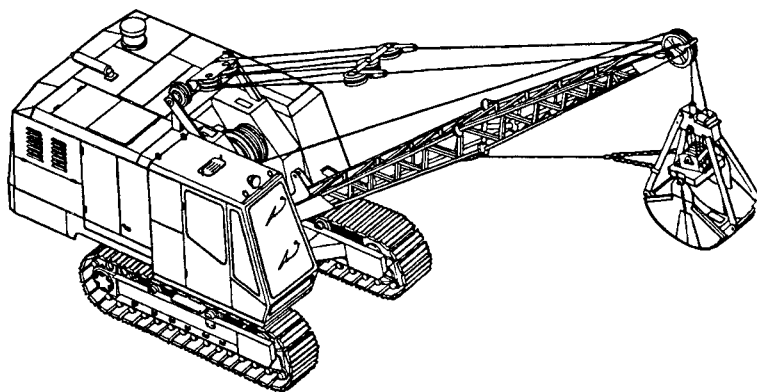


Рис. 3.30. Экскаватор ЭО-4112 с механическим приводом и оборудованием прямой лопаты (а) и ЭО-5111Б с гидродинамическим приводом и оборудованием грейфера (б)

Пример гусеничного одноковшового экскаватора с механическим приводом и оборудованием крана показан на рис. 3.31. Его используют в основном при погрузочно-разгрузочных работах. На монтажных работах его применяют редко, так как механизмы экскаватора не обеспечивают большого диапазона изменения скоростей рабочих движений крана (подъема груза, поворота, опускания груза).

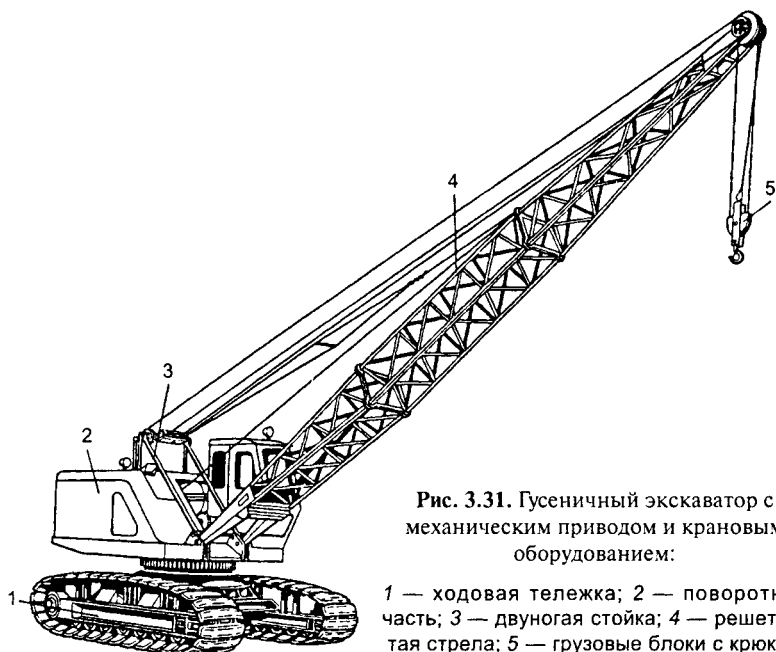


Рис. 3.31. Гусеничный экскаватор с механическим приводом и крановым оборудованием:

1 — ходовая тележка; 2 — поворотная часть; 3 — двуногая стойка; 4 — решетчатая стрела; 5 — грузовые блоки с крюком

Экскаватор ЭО-3323 (рис. 3.32, а) универсальный, одноковшовый, предназначен для разработки котлованов, траншей и карьеров в грунтах I–IV групп, погрузки и разгрузки сыпучих материалов, разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов (размер кусков не более 20 см). Рабочее оборудование обратной лопаты включает в себя: стрелы моноблочной конструкции, основную и удлиненную рукояти и сменные рабочие органы. К ним относятся ковш 0,5 м³ для работы с основной и удлиненной рукоятью, а также ковши 0,63 и 0,8 м³ для работы с основной стрелой. Рабочее оборудование прямой лопаты: стрела, рукоять и сменные рабочие органы — ковши 0,63 и 0,8 м³. К экскаватору имеется также рабочее оборудование гидромолота со сменными наконечниками (для рыхления мерзлых грунтов, дробления камней и взламывания дорожных покрытий) или трамбовочными плитами (для уплотнения грунтов).

Экскаватор ЭО-4125 (рис. 3.32, б) относится к гидравлическим экскаваторам второго поколения и должен полностью заменить экскаватор ЭО-4124А. Он оснащен рабочими органами: обратная лопата с

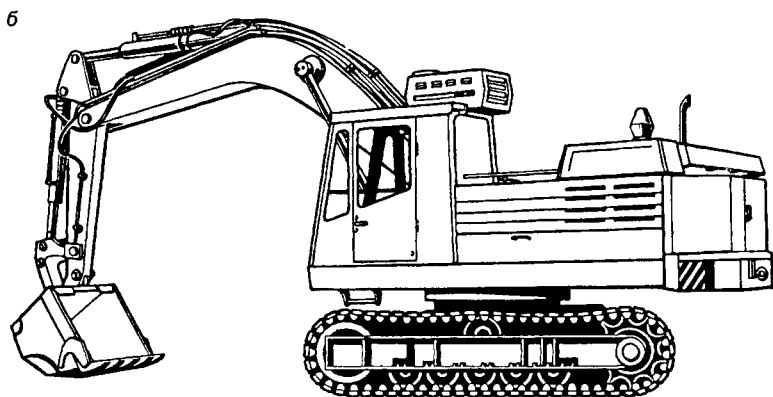
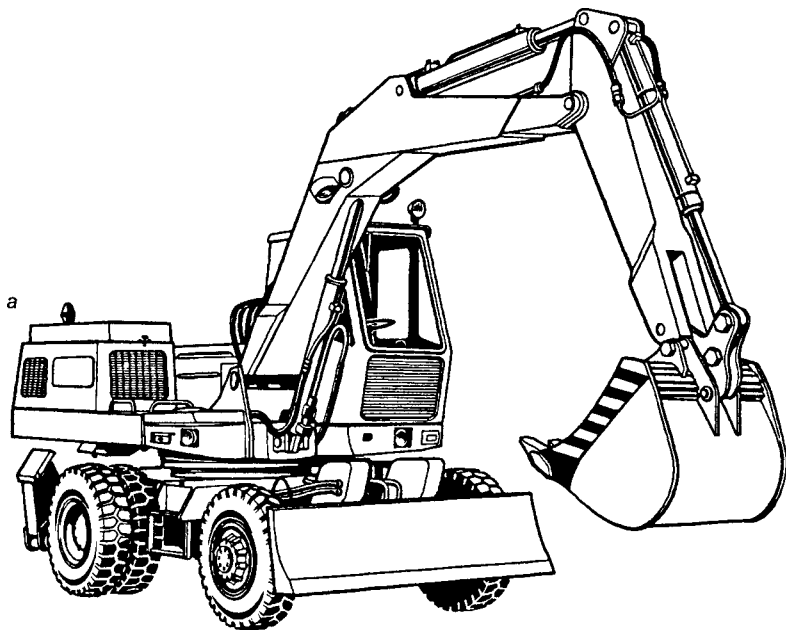


Рис. 3.32. Гидравлические пневмоколесный экскаватор ЭО-3323 (а) и гусеничный экскаватор ЭО-4125 (б) с оборудованием обратная лопата

составной или моноблочной стрелой и ковшами 0,8 и 1,0 м³ с глубиной копания 7,3 м и при тяжелых грунтах V и VI групп и 1,25 м³ — для разработки легких грунтов (I—III групп); прямая лопата с ковшами 1,0 и 1,2 м³; погрузчик с ковшами 1; 1,45 и 1,6 м³; грейфер для отрывки колодцев, траншей и котлованов с ковшами 0,6; 0,75 м³. Кроме этих, данный экскаватор оснащается профильным (до 1,0 м³) и зачистным (1,25 м³) ковшами обратной лопаты, однозубым рыхлителем, гидромолотом, захватно-клещевым рабочим органом с трехзубым рыхлителем.

Экскаваторы ЭО-5124 и ЭО-6123 (рис. 3.33), относящиеся соответственно к 5-й и 6-й размерным группам, являются наиболее мощными из универсальных гусеничных полноповоротных экскаваторов. Их производительность в 1,5–2,3 раза выше, чем экскаваторов 4-й размерной группы. Кроме традиционных видов рабочего оборудования, они оснащены глубинным грейфером и буровым оборудованием.

Вместимость ковша экскаватора ЭО-5124 — 1,6 м³, а ЭО-612 — 2,5 м³. Экскаваторы ЭО-5124 имеют силовую установку, в которой применены гидронасосы с управляемой производительностью, работающие на холостых оборотах дизеля с малой подачей. Рабочие движения экскаватора плавно регулируются.

Экскаваторы ЭО-6123 в большой степени унифицированы с экскаваторами ЭО-5124. Отличием является применение в первом электрических двигателей силовой установки, питающихся от внешней электросети переменного тока напряжением 380 В. При отсутствии внешней сети такого напряжения к экскаватору может придаваться дизель-генераторная установка.

На универсальных гидравлических экскаваторах наиболее часто применяют обратную и прямую лопаты, грейфер, рыхлители гидромолот, погрузчик и сменные рабочие органы для различных работ.

Примеры такого погрузочного и грейферного оборудования применительно к распространенному экскаватору ЭО-4124А, имеющему основной ковш 0,6 м³, представлены на рис. 3.34 и 3.35 соответственно.

Погрузчик (рис. 3.34), как и прямая лопата, работает выше уровня стояния машины движением ковша «от себя». Объем ковша погрузчика в 1,5–2 раза больше объема ковша прямой лопаты, что позволяет существенно повысить производительность экскаватора. Кинематическая схема этого вида рабочего оборудования обеспечивает движение режущей кромки отвала по прямолинейной горизонтальной

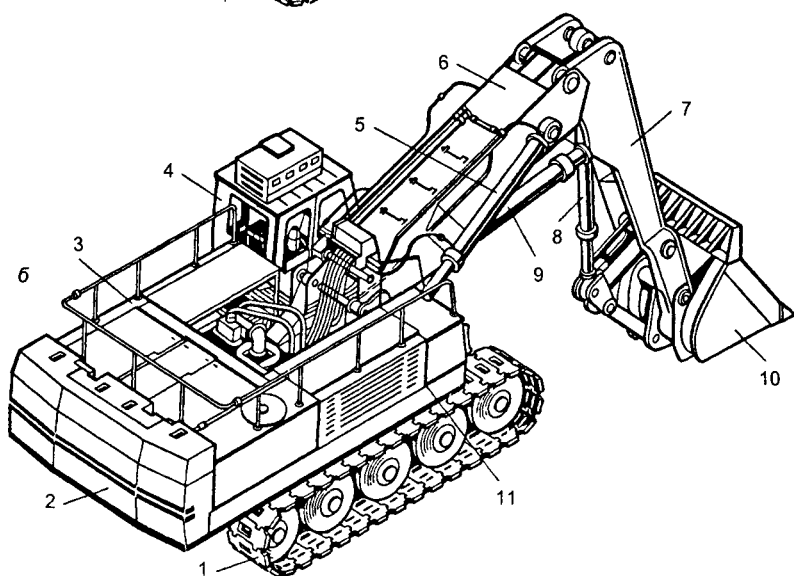
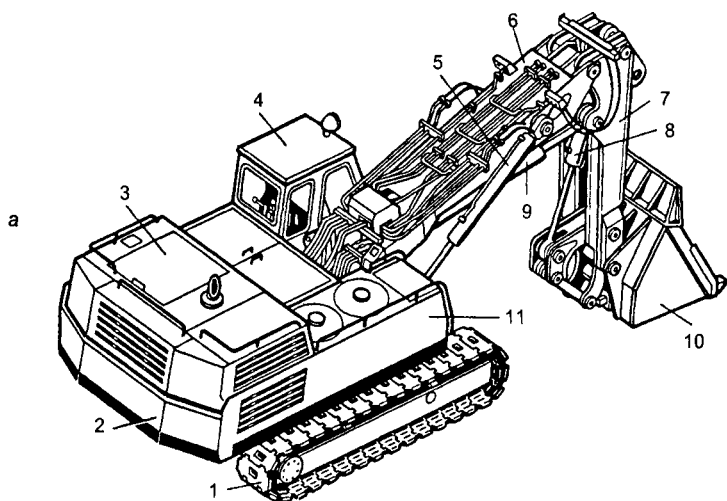


Рис. 3.33. Гидравлические гусеничные экскаваторы ЭО-5124 (а) и ЭО-6123 (б) с оборудованием прямая лопата:

1 — ходовая тележка; 2 — противовес; 3 — капот; 4 — кабина; 5, 8, 9 — гидроцилиндры стрелы, ковша и рукоятки; 6 — стрела; 7 — рукоять; 10 — ковш; 11 — поворотная платформа

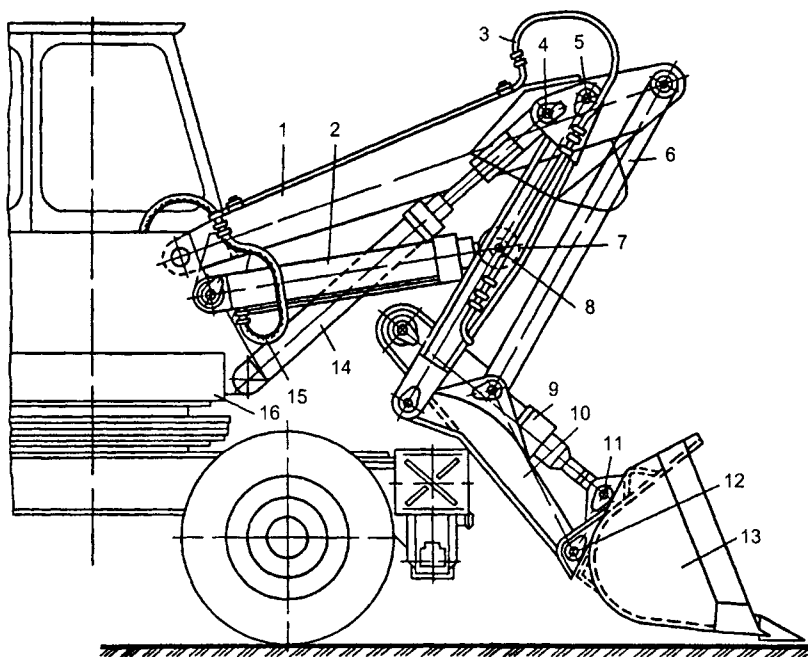


Рис. 3.34. Погрузочное оборудование на универсальных гидравлических экскаваторах:

1 — стрела; 2, 9, 14 — гидроцилиндры; 3, 15 — трубопроводы подвода жидкости к гидроцилиндрам; 4, 8, 11, 12 — пальцы; 5 — ось крепления рукояти; 6 — тяга; 7 — рукоять; 10 — подвеска ковша; 13 — ковш; 16 — поворотная платформа

траектории на уровне стояния на длине от 2 м и более, что позволяет экскаватору осуществлять планировку площадки.

Грейферное оборудование на гидравлических экскаваторах (рис. 3.35) обычно устанавливается жестко, когда в отличие от канатной подвески позволяет создать необходимое давление грейфером на грунт и независимо от массы грейфера эффективно разрабатывать плотные грунты.

Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием (экскаваторы-планировщики) (рис. 3.36) получают все большее распространение. Основным рабочим движением их является выдвигание и втягивание телескопической стрелы при копании, планировании и транспортировании грунта в ковше после экскавации. Гидравлический привод рабочего

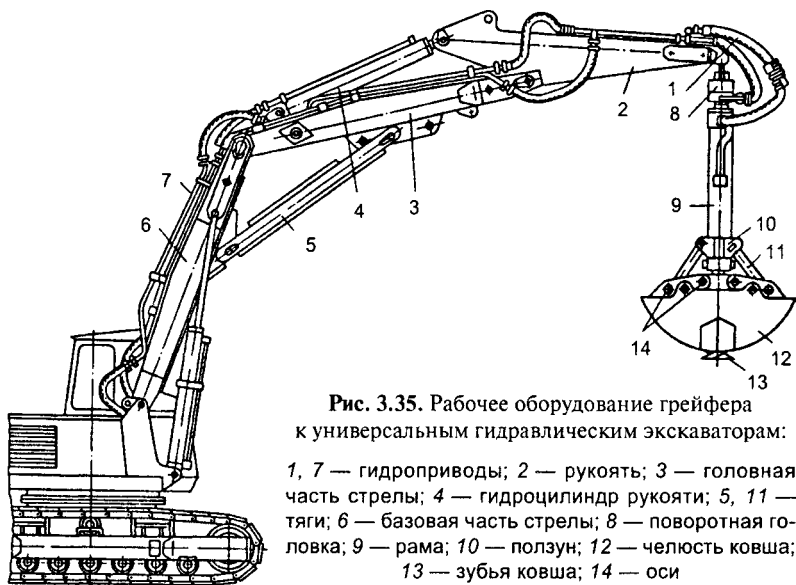


Рис. 3.35. Рабочее оборудование грейфера к универсальным гидравлическим экскаваторам:

- 1, 7 — гидроприводы; 2 — рукоять; 3 — головная часть стрелы; 4 — гидроцилиндр рукояти; 5, 11 — тяги; 6 — базовая часть стрелы; 8 — поворотная головка; 9 — рама; 10 — ползун; 12 — челюсть ковша; 13 — зубья ковша; 14 — оси

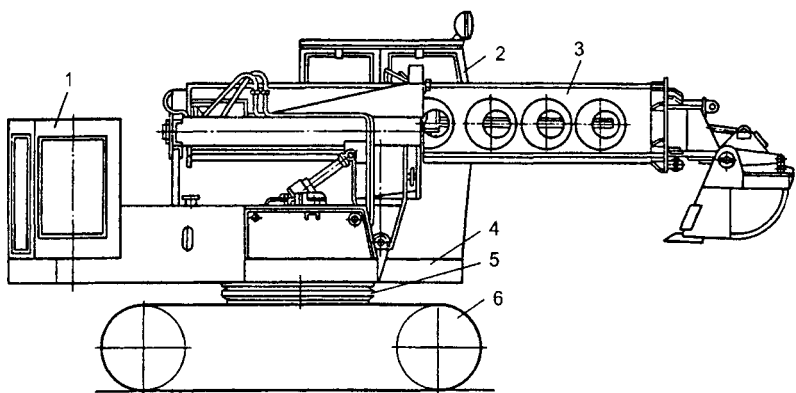


Рис. 3.36. Общий вид полноповоротного экскаватора-планировщика на гусеничном ходу

оборудования обеспечивает прямолинейное движение рабочего органа при изменении длины телескопической стрелы, подъем и опускание

стрелы, поворот ковша относительно оси его подвески и вокруг продольной оси стрелы, поворот стрелы с рабочим органом в плане.

Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием предназначены для производства земляных работ в грунтах I–IV групп и имеют до 30 видов быстросъемных рабочих органов и приспособлений. К основным видам сменного рабочего оборудования относятся экскавационные ковши вместимостью 0,25, 0,4 и 0,65 м³, планировочные и погрузочные ковши, отвалы, двухчелюстные захваты и удлинитель стрелы.

Малая габаритная высота экскаваторов с телескопическим рабочим оборудованием позволяет использовать их в труднодоступных местах и закрытых помещениях.

Наиболее эффективно эти машины используются при планировании наклонных поверхностей каналов, насыпей и выемок земляного полотна, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. Поэтому их обычно называют *экскаваторами-планировщиками*.

Современные экскаваторы-планировщики обеспечивают строительство каналов глубиной до 2,5 м с любым заложением откосов и до 3,5 м с заложением до 1: 1,5.

Экскаватор-планировщик (см. рис. 3.36) состоит из трех основных частей: ходового устройства 6, поворотной платформы 4 (с расположенными на ней силовой установкой 1, узлами гидропривода, кабиной машиниста 2) и телескопического рабочего оборудования 3. Поворотная платформа 4 опирается на раму ходового оборудования 6 через роликовое опорно-поворотное устройство 5.

Телескопическое рабочее оборудование серийных отечественных экскаваторов выполнено по единой принципиальной схеме и состоит (рис. 3.37) из телескопической стрелы треугольного сечения, сменного рабочего органа и механизмов выдвижения (втягивания) стрелы, подъема (опускания) стрелы, поворота ковша относительно собственной оси и продольной оси стрелы.

Телескопическая стрела состоит из двух секций — неподвижной наружной 2, шарнирно прикрепляемой к поворотной платформе экскаватора, и подвижной внутренней 4, передвигающейся внутри наружной секции и несущей на переднем конце рабочий орган 6. Подвижная секция опирается на неподвижную при помощи роликов, которые обеспечивают соосное положение обеих секций. Опорные ролики перекатываются по направляющим секций и имеют две оси вращения — вертикальную и горизонтальную.

Выдвижение (втягивание) стрелы осуществляется при помощи одного длинноходового гидроцилиндра 3 с односторонним штоком,

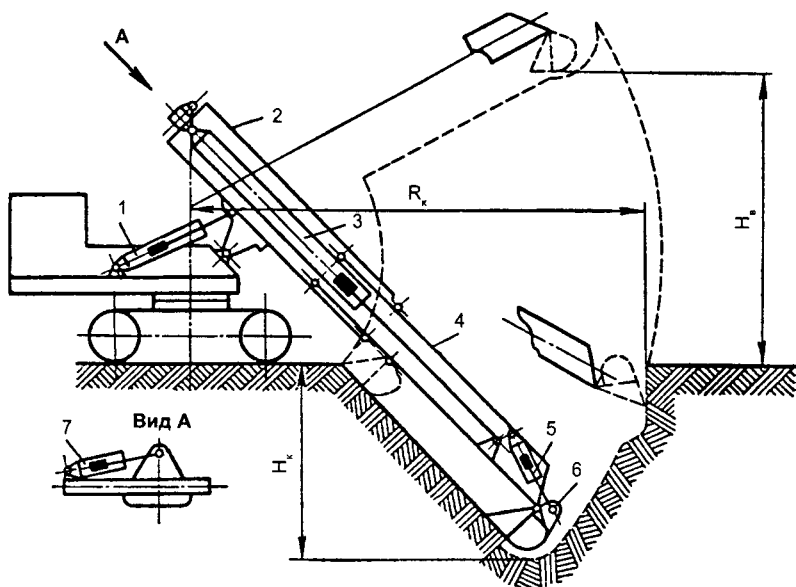


Рис. 3.37. Принципиальная схема экскаватора с телескопическим рабочим оборудованием:

1 — гидроцилиндр подъема-опускания стрелы; 2 — наружная неподвижная часть стрелы; 3 — гидроцилиндр выдвижения-втягивания стрелы; 4 — подвижная внутренняя часть стрелы; 5 — гидроцилиндр поворота ковша; 6 — ковш; 7 — гидроцилиндр поворота стрелы вокруг собственной оси

гидроцилиндром с двусторонним штоком и двукратным канатно-блочным мультипликатором (рис. 3.38, б) или двумя последовательно расположенными гидроцилиндрами (рис. 3.38, а), гильзы которых жестко соединены между собой фланцами, а штоки шарнирно крепятся к секциям стрелы. Ход телескопической стрелы у отечественных машин составляет 2,75–3,65 м, усилие втягивания стрелы — 5,6–9 тс (56–90 кН).

Подъем (опускание) телескопической стрелы производится двумя параллельно установленными гидроцилиндрами 1 (рис. 3.37) двустороннего действия. Корпуса гидроцилиндров шарнирно крепятся к поворотной платформе, а штоки — к стреле при помощи сферических подшипников. Максимальные углы наклона стрелы вверх и вниз для отечественных экскаваторов соответственно равны 22–25 и 45–50°.

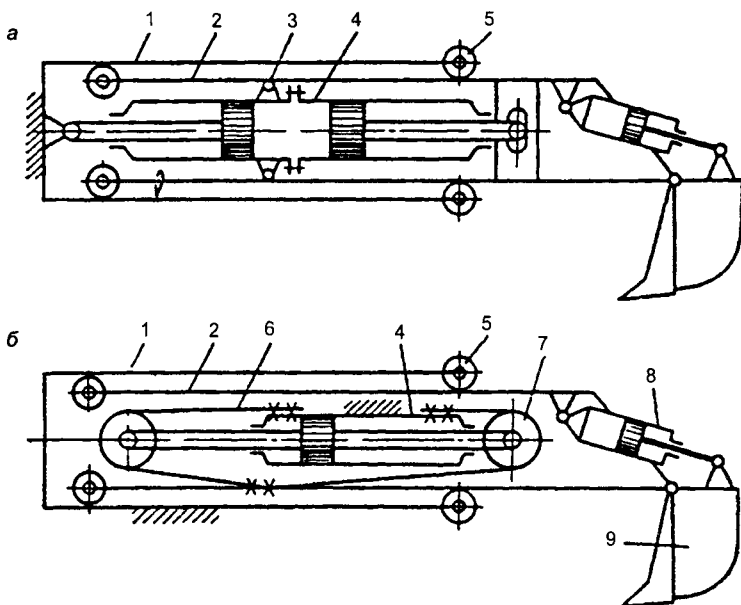


Рис. 3.38. Конструктивно-кинематические схемы механизмов выдвижения-втягивания телескопических стрел:

а — с двумя последовательно расположенными гидроцилиндрами (система «Тандем»), установленными на полноповоротных экскаваторах; б — с гидроцилиндром и канатно-блочным мультипликатором, установленными на неполноповоротных машинах; 1 — наружная часть стрелы; 2 — внутренняя выдвижная часть стрелы; 3 — гидроцилиндр выдвижения-втягивания стрелы; 4 — опорные ролики; 5 — промежуточная опора; 6 — канат; 7 — блок; 8 — гидроцилиндр поворота ковша; 9 — ковш

Поворот телескопической стрелы с рабочим органом вокруг собственной оси осуществляется гидроцилиндром непосредственно или через зубчатое передаточное устройство. У некоторых моделей экскаваторов угол поворота стрелы достигает $\pm 180^\circ$, что позволяет использовать рабочие органы двустороннего действия, например ковш с однозубым рыхлителем или ковш с зубьями, расположенными с двух сторон. Принудительный поворот ковша относительно оси подвески при его наполнении и разгрузке производится гидроцилиндром 5 (см. рис. 3.37), головка штока которого служит одной из

точек подвески ковша. Максимальный угол поворота рабочего органа отечественных экскаваторов 116°.

Экскаваторы-планировщики могут быть полноповоротными и неполноповоротными. Полноповоротные экскаваторы выпускаются на гусеничном и пневмоколесном ходовых устройствах, неполноповоротные — на шасси автомобильного типа.

Отечественные экскаваторы-планировщики имеют следующие основные параметры: наибольшая глубина копания (с удлинителями стрелы) H_k — до 5,9 м; радиус копания R_k — до 8,1 м; высота выгрузки H_b — до 4,4 м; минимальная продолжительность цикла обратной лопаты — $t_{ц\ min} = 21-23$ с; максимальная техническая производительность обратной лопаты Π_T — до 68,5 м³/ч; мощность силовой установки — до 75 л. с. (55 кВт); масса машины — до 18,4 т.

Основные направления развития конструкций экскаваторов-планировщиков следующие: расширение номенклатуры быстростъемных рабочих органов, увеличение хода подвижной секции стрелы и углов поворота стрелы.

Эксплуатационная производительность одноковшового экскаватора (в м³/ч)

$$\Pi_э = \frac{nqK_nK_b}{K_p},$$

где q — вместимость ковша, м³; K_n — коэффициент наполнения ковша ($K_n = 0,9-1,2$); $K_n = q'/q$ (где q' — объем разрыхленного грунта в ковше перед разгрузкой); K_p — коэффициент разрыхления грунта ($K_p = 1,15-1,4$); n — число циклов за час работы; $n = 3600/t_{ц}$ (где $t_{ц}$ — продолжительность одного рабочего цикла, с); K_b — коэффициент использования экскаватора по времени (в зависимости от типа экскаватора и условий работы ($K_b \approx 0,65-0,80$)).

Продолжительность рабочего цикла $t_{ц}$ (в с) при совмещении отдельных операций

$$t_{ц} = t_k + t_{пв} + t_b + t_{пз},$$

где t_k , $t_{пв}$, t_b и $t_{пз}$ — соответственно продолжительность копания, поворота на выгрузку, выгрузки и поворота в забой, с.

Мощность, расходуемая на копание грунта (в кВт),

$$N_k = \frac{A_{уд}}{10^3} \frac{q}{t_k \eta_d \eta_n},$$

где $A_{уд}$ — удельная энергоёмкость копания, Дж/м³; ($A_{уд} = 2 \cdot 10^5$ Дж/м³ — для грунтов III категории, $A_{уд} = 2,5 \cdot 10^5$ Дж/м³ — для грунтов IV категории); t_k — продолжительность копания, с [ориентировочно $t_k = (0,25-0,35)t_c$]; η_d — коэффициент использования номинальной мощности двигателя при копании ($\eta_d = 0,75-0,85$); η_n — КПД привода и рабочего оборудования (для экскаваторов с механическим приводом $\eta_n = 0,6-0,65$, то же с гидравлическим приводом $\eta_n = 0,5-0,65$).

3.3.2. МНОГОКОВШОВЫЕ ТРАНШЕЙНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Многоковшовые экскаваторы широко применяются при отрывке траншей большой протяженности в полевых условиях для прокладки магистральных водоводов. Они являются самоходными землеройными машинами непрерывного действия, которые при своем поступательном движении отрывают позади себя продольную выемку — траншею определенной глубины и ширины. Траншейные экскаваторы представляют собой навесное или полуприцепное землеройное оборудование к гусеничным и пневмоколесным тягачам. В отличие от одноковшовых траншейные постоянно передвигаются во время работы и отделяют грунт от массива с помощью группы непрерывно движущихся по замкнутому контуру ковшей или скребков и одновременно эвакуируют его в сторону от траншеи в отвал или в транспортные средства с помощью отвального устройства. Типы и параметры траншейных экскаваторов определены ГОСТом. В качестве главного параметра принимается глубина отрываемых траншей.

Различают *цепные* и *роторные* траншейные экскаваторы. Рабочим органом цепных является однорядная или двухрядная бесконечная цепь, огибающая наклонную раму и несущая на себе ковши или скребки. Рабочим органом роторных экскаваторов является жесткий ротор (колесо) с ковшами или скребками, вращающийся на роликах. Во время работы цепь или ротор с ковшами движутся в плоскости передвижения экскаватора. Отделение грунта от массива и заполнение им рабочего органа осуществляются в результате сообщения цепи или ротору двух совмещенных движений копания: основного — поступательного относительно рамы (для цепи) или вращательного вокруг своей оси (для ротора) и подачи — поступательного в направлении движения машины. Скорость движения рабочего органа (скорость копания) и скорость подачи (передвижения машины) подбираются такими, чтобы независимо от глубины траншеи обеспечивалось 100%-ное наполнение ковшей. Скорость передвижения экскаваторов при копании траншей регулируется в широком диапазоне в зависимости от условий

работы, физико-механических свойств грунтов и составляет 10–400 м/ч у цепных машин и 10–800 м/ч у роторных. Для получения таких скоростей трансмиссии ходовых устройств базовых тягачей оборудуются механическими и гидромеханическими ходоуменьшителями. Скорость рабочего органа у цепных машин не превышает 1,2 м/с, у роторных — 2 м/с. Рабочие органы траншейных экскаваторов имеют несколько скоростей движения, причем пониженные скорости используются при копании траншей в тяжелых талых и мерзлых грунтах.

Классификация и индексация. Траншейные экскаваторы классифицируют по следующим основным признакам:

- ◆ по типу рабочего органа — цепные (ЭТЦ) и роторные (ЭТР);
- ◆ по способу соединения рабочего оборудования с базовым тягачом — с навесным и полуприцепным рабочим оборудованием;
- ◆ по типу ходового устройства базового тягача — на гусеничные и пневмоколесные;
- ◆ по типу привода — с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным приводом.

Наибольшее распространение получили гусеничные траншейные экскаваторы с комбинированным приводом. В индексе траншейных экскаваторов (рис. 3.39) первые две буквы ЭТ означают: экскаватор траншейный, а третья — тип рабочего органа (Ц — цепной, Р — роторный). Первые две цифры индекса обозначают наибольшую глубину отрываемой траншеи (в дм), третья — порядковый номер модели. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т.д.) означает порядковую модернизацию машины, последующие — вид специального климатического исполнения (ХЛ — северное, Т — тропическое, ТВ — для работы во влажных тропиках). Например, индекс ЭТЦ-252А обозначает: экскаватор траншейный цепной, глубина копания 25 дм, вторая модель — 2, прошедшая первую модернизацию — А.

Цепные траншейные экскаваторы. По типу рабочего органа цепные экскаваторы делятся на многоковшовые — с двухрядной цепью, между ветвями которой укреплены ковши, и скребковые — с однорядной и двухрядной цепью, снабженной скребками и резцами.

Скребковые одноцепные экскаваторы предназначены для рытья траншей прямоугольного профиля глубиной до 1,6 м и шириной 0,2–0,4 м под кабели и водопровод в однородных без каменистых включений грунтах I–III групп. Они представляют собой унифицированное навесное оборудование на пневмоколесный серийный трактор с одним или обоими ведущими мостами и применяются для выполне-

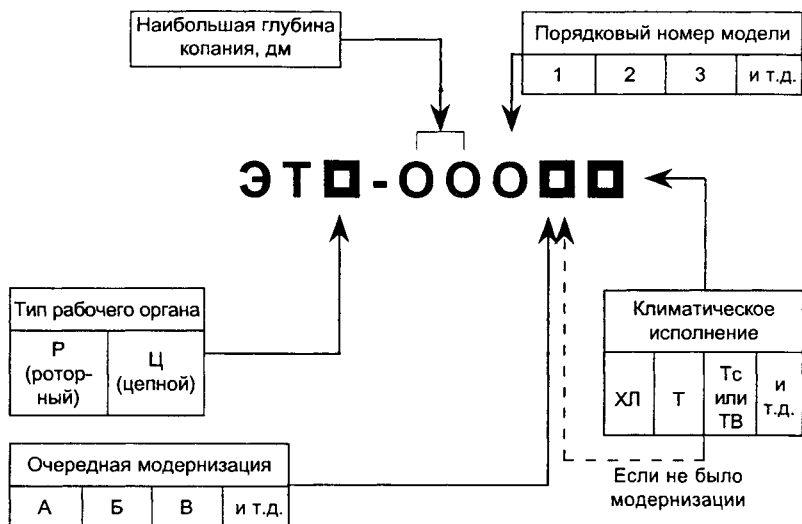


Рис. 3.39. Система индексации многоковшовых траншейных экскаваторов

ния рассредоточенных земляных работ небольших объемов на предварительно спланированных площадках.

Скребковый экскаватор (рис. 3.40, а) состоит из базового пневмокошесного трактора 3 мощностью 55–80 л. с. (40–60 кВт) и навесного оборудования — цепного рабочего органа б с зачистным башмаком 5, отвального шнекового конвейера, гидравлического механизма подъема — опускания рабочего органа 4 и гидромеханического ходоуменьшителя. Спереди трактора навешивается управляемый гидроцилиндром 2 бульдозерный отвал 1, используемый для несложных планировочных работ и засыпки траншей после укладки в них коммуникаций. На экскаватор может быть навешено сменное рабочее (баровое) оборудование для нарезки щелей в мерзлых грунтах.

Рабочий орган экскаватора (рис. 3.40, б) представляет собой замкнутую однорядную втулочно-роликовую цепь б, несущую на себе резцы специальной формы 11 для послойного срезания грунта и скребки 10 для подъема грунта из траншеи. Резцы и скребки трех видов располагаются на цепи по определенной схеме, способствующей равномерному распределению нагрузки на цепь при копании. Производя смену резцов и скребков, получают траншею шириной 0,2–0,4 м. Цепь обегает раму 8 со специальными проушинами 12 для

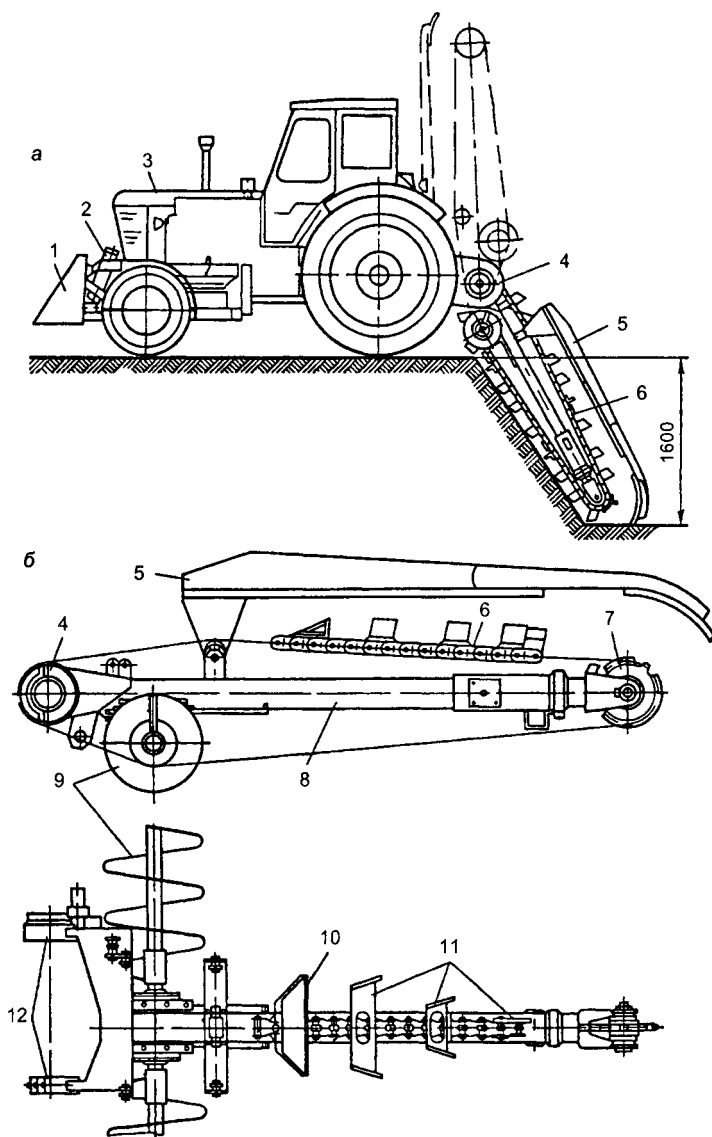


Рис. 3.40. Многоковшовый скребковый одноцепной экскаватор:
 а — общий вид; б — рабочий орган

шарнирного крепления к трактору. Между проушинами рамы на приводном валу помещена ведущая звездочка цепи. На противоположном конце рамы установлена натяжная звездочка 7, связанная с винтовым натяжным устройством для регулирования натяжения цепи. На раме рабочего органа установлены также два шнека 9 отвального шнекового конвейера с различным (правым и левым) направлением сплошных витков, предназначенные для эвакуации поднятого скребками грунта по обе стороны от траншеи. Шнеки имеют общий вал и приводятся во вращение скребковой цепью 6. Расположение шнекового конвейера на раме рабочего органа зависит от глубины копания, при изменении которой он может быть установлен в соответствующее положение. К раме рабочего органа за скребковой цепью крепится консольный зачистной башмак 5 для подбора со дна траншеи осыпающегося грунта. Ширина зачистного башмака должна соответствовать ширине отрываемой траншеи.

Привод рабочего органа — механический и осуществляется от заднего вала отбора мощности трактора через редуктор, обеспечивающий несколько скоростей резания грунта.

Экскаватор имеет скорости движения рабочие (пониженные), используемые только при копании траншей, и транспортные (повышенные), используемые при перебазировках машины.

Для получения рабочих скоростей трансмиссия хода трактора оборудуется гидравлическим ходоуменьшителем в виде многоступенчатого цилиндрического редуктора с приводом от аксиально-поршневого гидромотора. Ходоуменьшитель обеспечивает бесступенчатое регулирование скоростей рабочего хода в широком диапазоне — от 10 до 400 м/ч, что позволяет производительно использовать экскаватор в различных грунтовых условиях. При переездах машины ходоуменьшитель отключается и экскаватор движется на транспортной скорости при включении тракторной коробки передач.

Техническая производительность одноцепных скребковых экскаваторов при разработке грунтов I группы составляет 60–80 м³/ч.

Скребоквые двухцепные экскаваторы изготавливают на базе узлов и деталей серийных гусеничных тракторов. Они предназначены для рытья траншей прямоугольного и трапецеидального профиля глубиной до 4,0 м, шириной по дну 0,8 и 1,1 м и шириной по верху до 2,8 м в талых грунтах I–III групп с каменистыми включениями размером до 200 мм. Рабочим оборудованием таких машин является наклонный двухцепной скребковый рабочий орган, оснащенный режущими элементами скребкового типа и транспортирующими заслонками.

Конструкцию машин этого класса рассмотрим на примере широко распространенных экскаваторов ЭТЦ-354А и ЭТЦ-252. Экскаватор ЭТЦ-354А (рис. 3.41, а) состоит из дизеля 3 мощностью 54 л. с. (40 кВт), специализированного гусеничного хода 17, рамы 14 с криволинейными направляющими для навески скребкового цепного рабочего органа, отвального ленточного конвейера 15 с лентой шириной 650 мм и механической силовой передачи 2.

Рабочий орган экскаватора представляет собой замкнутую пластинчатую цепь 7 с шагом 190 мм, к двум ветвям которой на одинаковом расстоянии друг от друга крепятся режущие элементы скребкового типа 8 и транспортирующие заслонки, образующие подобие ковшей. Скребковая цепь смонтирована на наклонной раме 12 коробчатого сечения, шарнирно подвешенной к тягачу. Рама рабочего органа может удлиняться дополнительной вставкой длиной 1,4 м, что позволяет отрывать траншеи на глубину до 3,5 м. При удлинении рамы вставкой число скребков увеличивают с 17 до 21.

Схема работы экскаватора (рис. 3.41, б): при непрерывном поступательном движении вперед и одновременном движении замкнутой скребковой цепи 7 вокруг наклонной рамы скребки 8 отделяют

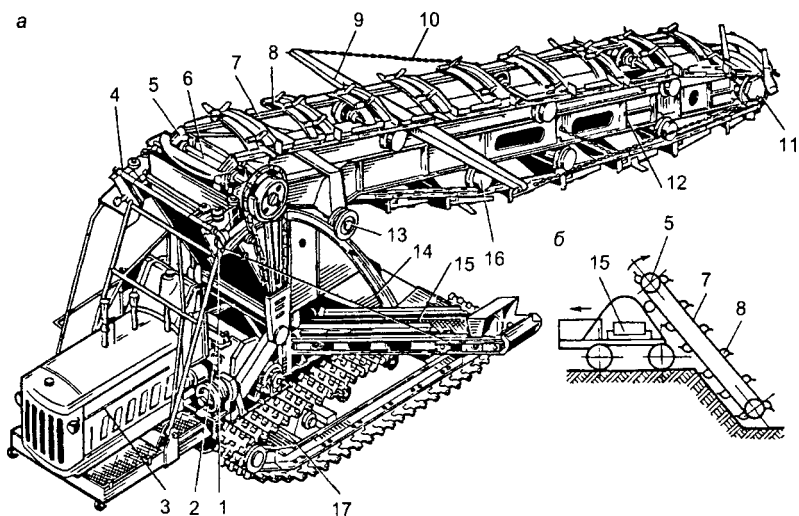


Рис. 3.41. Скребковый двухцепной многоковшовый экскаватор ЭТЦ-354А на гусеничном ходу:

а — общий вид; б — схема работы

грунт от массива, а заслонки поднимают его из траншеи на высоту приводных звездочек 5 цепи, при огибании которых грунт выгружается на поперечный (к продольной оси движения машины) ленточный конвейер 15 и отбрасывается им в сторону от траншеи. Глубина отрываемой траншеи зависит от угла наклона рамы рабочего органа и регулируется механизмом ее подъема.

Две ведущие звездочки 5 скребковой цепи установлены на приводном (турасном) 6 валу в передней части рамы рабочего органа. На этом же валу смонтирована фрикционная муфта предельного момента, предохраняющая трансмиссию машины и рабочий орган от перегрузок при встрече скребков с крупными каменистыми включениями и другими непреодолимыми препятствиями.

На противоположном конце рамы 12 находятся натяжные звездочки 11, связанные с винтовым натяжным устройством. Для уменьшения провисания холостой и удержания рабочей ветвей скребковой цепи на раме установлены поддерживающие ролики 16. При копании траншей с наклонными стенками на рабочем органе устанавливаются откосообразователи, представляющие собой наклонно расположенные цепи 10 с поперечными резцами, совершающие возвратно-поступательное движение. Верхние концы цепей 10 шарнирно прикреплены к качающемуся балансирному рычагу 9 с центральным шарниром, нижние — к эксцентрично установленным пальцам натяжных звездочек 11 рабочего органа, приводящих откосообразователи в движение. Грунт, отделяемый цепями от целика, обрушивается на дно траншеи, откуда выносятся на поверхность транспортирующими заслонками рабочего органа. Скребки на рабочем органе размещены по специальной схеме, обеспечивающей наименьшую энергоемкость процесса копания. Рабочий орган находится в плавающем положении и давит на грунт за счет собственного веса. Он опирается на раму экскаватора двумя опорными катками 13, движущимися по криволинейным направляющим 14. Подъем и опускание рабочего органа при переводе его из транспортного положения в рабочее и наоборот осуществляется однобарабанной лебедкой 1 через восьмикратный канатный полиспаст 4.

Сменное рабочее оборудование экскаватора для разработки мерзлых грунтов монтируется на основной раме рабочего органа и представляет ковшовую цепь с 18 ковшами, с зубьями-клыками, армированными твердосплавными пластинками.

Привод всех механизмов экскаватора осуществляется от дизеля через главную муфту сцепления и механическую коробку передач (раздаточный редуктор). Коробка передач обеспечивает восемь

скоростей рабочего хода ступенчато изменяемых в диапазоне от 12,5 до 114 м/ч (при разработке мерзлых грунтов — в диапазоне 9,25–82 м/ч), восемь транспортных скоростей (0,46–4,34 км/ч). Скорость скребковой цепи составляет 1,1 м/с, ленты конвейера — 4,5 м/с. Техническая производительность машины в грунтах I группы до 150 м³/ч.

Аналогичную конструкцию и параметры скребкового рабочего органа имеет экскаватор ЭТЦ-252 (рис. 3.42), который заменил экскаватор ЭТЦ-354А. В отличие от ЭТЦ-354А эта машина смонтирована на базе переоборудованного трелевочного трактора 1, имеет более мощную силовую установку (80 кВт), бесступенчатое регулирование скоростей рабочего хода, гидравлический привод ленточного отвального конвейера 3 и механизма подъема-опускания 2 рабочего органа 4. Привод рабочего органа механический, но подъем и опускание его при переводе из рабочего положения в транспортное и наоборот производится с помощью двух гидроцилиндров. Более со-

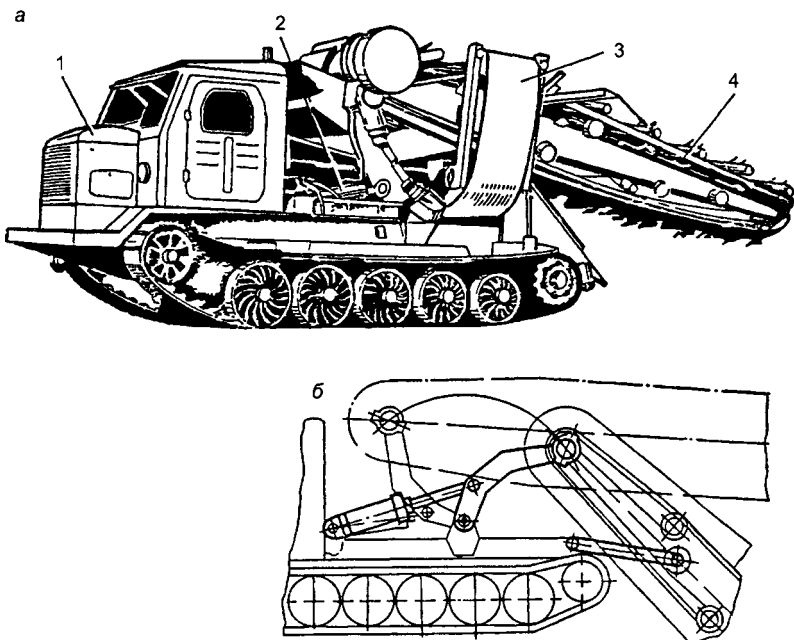


Рис. 3.42. Многоковшовый скребковый экскаватор ЭТЦ-252:

а — общий вид; б — схема гидравлического механизма подъема-опускания рабочего органа

вершенный базовый тягач и гидропривод экскаватора обеспечивают высокую маневренность и проходимость машины, хорошую приспособляемость экскаватора к различным грунтовым условиям и его повышенную (в 1,5–1,8 раза) производительность (до 220 м³/ч).

Сменное оборудование к экскаватору предназначено для рытья в мерзлых грунтах траншей прямоугольного профиля глубиной до 2,5 м и шириной 0,8 м при промерзании грунта на глубину до 1,2 м и представляет собой скребковый рабочий орган, оснащенный зубьями с износостойкой наплавкой. Производительность экскаватора при разработке мерзлых грунтов снижается до 30–40 м³/ч.

Основными недостатками цепных траншейных экскаваторов являются сравнительно невысокие производительность и удельная мощность силовой установки, исключающие их использование для выполнения линейных работ больших объемов (например, при строительстве магистральных водоводов); наличие быстроизнашивающейся цепи, что ограничивает их применение грунтами III группы и ухудшает условия эксплуатации машины. В этом отношении более эффективными и надежными представляются многоковшовые экскаваторы роторного типа.

Роторные траншейные экскаваторы. Экскаваторы траншейные роторные (ЭТР) предназначены для разработки траншей прямоугольного или трапецеидального профиля в однородных талых грунтах I–IV групп, не содержащих крупных каменистых включений (до 300 мм), а также в мерзлых грунтах при глубине промерзания верхнего слоя до 1,1–1,5 м. Размеры разрабатываемых отечественными экскаваторами траншей позволяют укладывать в них трубопроводы диаметром до 1420 мм включительно на глубину до 2,5 м.

Роторный траншейный экскаватор (рис. 3.43) состоит из гусеничного тягача, обеспечивающего поступательное движение (подачу) машины, и навесного или полуприцепного рабочего органа для рытья траншей и отброса грунта, шарнирно соединенных между собой в вертикальной плоскости. Гусеничные тягачи ЭТР выполняют на базе переоборудованных серийных гусеничных тракторов, у которых уширен и удлинен гусеничный ход, в трансмиссию включен ходоуменьшитель для получения рабочих скоростей передвижения машины, имеются дополнительная рама 2 для монтажа рабочего оборудования и механизмы 3, 4 для подъема и привода рабочего органа. Рабочий орган ЭТР представляет собой жесткий ковшовый ротор 7 (с числом ковшей 10–16), внутри которого помещен поперечный ленточный конвейер 5. При поступательном движении гусеничного тягача 1 укрепленные на вращающемся роторе 7 ковши 8 с зубьями

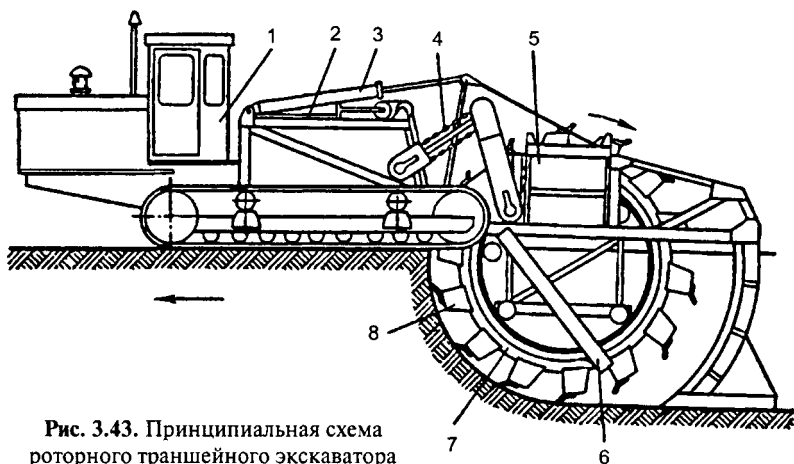


Рис. 3.43. Принципиальная схема роторного траншейного экскаватора

непрерывно разрабатывают траншею, поднимают разрыхленный грунт на поверхность и высыпают его на ленту поперечного отвального конвейера 5, отбрасывающего грунт в сторону параллельно траншее в отвал. Глубина отрываемой траншеи регулируется гидравлическим механизмом 3 подъема-опускания рабочего органа. Для рытья траншей с различными параметрами на один и тот же базовый тягач могут навешиваться сменные рабочие органы с различными шириной, диаметром и числом ковшей ротора.

Скорость движения тягача (от 10 до 800 м/ч) и частота вращения ротора (от 7 до 10 об/мин) определяют толщину срезаемой ковшами стружки и степень их наполнения. Размеры траншеи определяются шириной ковшей и степенью заглубления в грунт ротора, подвешенного на тросах подъемного механизма.

Для разработки траншей с наклонными стенками — откосами крутизной до 1: 0,25 в талых грунтах с пониженной несущей способностью на рабочем органе устанавливают пассивные ножевые откосники 6. При копании траншей с откосами в мерзлых грунтах применяют активные фрезерные уширители.

Передача энергии от дизеля тягача к основным исполнительным механизмам (роторному колесу, отвальному конвейеру, гусеничному движителю) и вспомогательному оборудованию (механизмам подъема рабочего органа и конвейера) осуществляется с помощью механической, гидравлической или электромеханической трансмиссии.

Рассмотрим конструкцию ЭТР с механическим приводом на примере широко распространенных экскаваторов ЭР7АМ и ЭТР204, предназначенных для рытья траншей глубиной до 2,0 при ширине их 1,2 м.

Экскаватор ЭР7АМ (рис. 3.44) до недавнего времени являлся основным на строительстве трубопроводов диаметром до 820 мм.

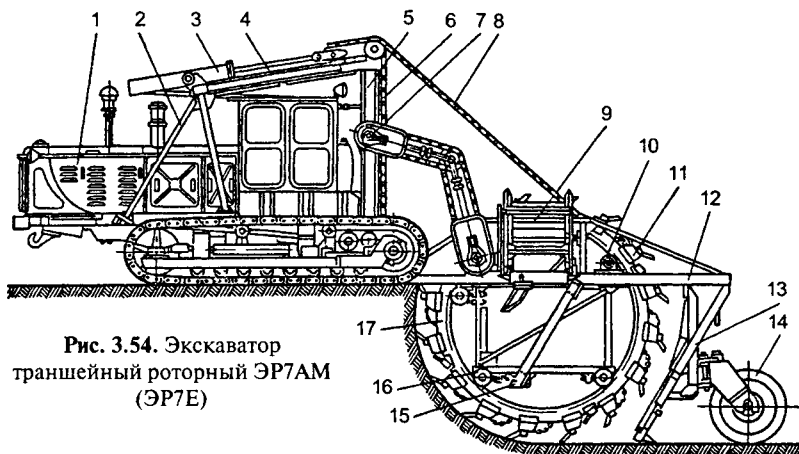


Рис. 3.54. Экскаватор траншейный роторный ЭР7АМ (ЭР7Е)

Тягач 1 экскаватора — трактор Т-100М мощностью 108 л. с. (80 кВт) с переоборудованной ходовой частью, что обеспечивает машине хорошую устойчивость при работе на уклонах и проходимость при работе на слабых грунтах, а также исключает обрушение стенок траншеи при движении над ней.

На тягаче смонтирована дополнительная рама (рис. 3.54) с размещенными на ней узлами подъема 3 и привода 7 рабочего органа. Рама состоит из подкосов 2, верхнего пояса 4 и двух вертикальных направляющих стоек 5, по которым с помощью гидравлического подъемного механизма перемещается передний конец рабочего органа при переводе его из транспортного положения в рабочее и наоборот.

Рабочий орган экскаватора состоит из рамы 12, внутри которой смонтированы роторное колесо 17 с ковшами 11 и ленточный отвальный конвейер 9. Ротор поддерживается четырьмя парами опорных 10 и направляющих 16 роликов. Передний конец рамы опирается на подвижные ползуны — пятовые шарниры, подвешенные на цепях 6 подъемного механизма. Задний конец рамы подвешен на цепях 8

подъемного механизма и опирается на грунт с помощью поворотного сдвоенного пневмоколеса (или колеса с арочной шиной) 14. Между ротором и опорным колесом установлен подборный щиток 13 для зачистки дна траншеи от осыпающегося грунта. На раме закрепляются ножи-откосники 15, срезающие верхние бровки траншеи при работе экскаватора в несвязных грунтах.

Ротор состоит из двух стальных кольцевых дисков-обечаяек, связанных между собой четырнадцатью ковшами вместимостью 90 л и поперечинами-стяжками коробчатого сечения. Каждый ковш открыт с двух сторон и состоит из боковин, донной обечайки и цепного днища. В карманах крепятся сменные зубья-клыки. Расстановка зубьев несимметричная, ступенчато-шахматная, обеспечивающая разработку тяжелых и мерзлых грунтов крупным сколом и хорошую наполняемость ковшей при работе в легких грунтах. Такая расстановка зубьев применяется на всех современных ЭТР. Вылет конвейера относительно рамы рабочего органа и (соответственно дальность отброса грунта) регулируется в зависимости от свойств грунта и глубины копания. Механизм подъема рабочего органа состоит из двух подобных по конструкции узлов. Независимый принудительный подъем и опускание обоих концов рамы рабочего органа обеспечивает заглубление ротора и вывод его из траншеи при неподвижно стоящем экскаваторе (т.е. заглубление на месте), что позволяет вести работы в сложных условиях, характеризующихся наличием густой сети дорог, подземных коммуникаций и т.д.

Управление экскаватором смешанное — механическое и гидравлическое. Двигатель, бортовые фрикционы и коробки перемены передач имеют механическое управление, а механизм подъема рабочего органа — гидравлическое. Шестеренчатый насос гидропривода приводится в движение от дополнительной коробки передач тягача.

На базе экскаватора ЭР7АМ создана серия траншейных машин, отличающихся друг от друга в основном размерами разрабатываемых траншей: ЭР7Е — для рытья траншей с параметрами $1,8 \times 1,4$ м под трубопроводы диаметром 1020 мм; ЭР7П — с параметрами траншей $2,2 \times 0,85$ (1,1) м для промышленного строительства; ЭР7Т — для траншей $2,2 \times 1,7$ м под трубопроводы диаметром 1220 мм. Семейство экскаваторов ЭР7 изготавливается на базе трактора Т-100М. В связи с переходом на новую более совершенную и мощную тракторную базу (трактор Т-130 с дизелем мощностью 160 л. с.) СКБ «Газстроймашина» были разработаны экскаваторы ЭТР204, ЭТР223 и ЭТР224, которые являются дальнейшим развитием конструкции экскаваторов типа

ЭР7 и предназначены заменить соответственно машины ЭР7АМ, ЭР7Е и ЭР7П.

Экскаваторы новых моделей в отличие от машин семейства ЭР7 имеют навесной рабочий орган, увеличенную мощность первичного двигателя, повышенную вместимость ковшей (в 1,25–1,5 раза), объемный гидропривод рабочего хода, улучшенную общую компоновку машины и т.п. Применение навесного рабочего оборудования позволяет совершенствовать технологию производства траншейных работ, повысить мобильность и транспортабельность экскаваторов, расширить область их применения в стесненных условиях.

Экскаватор ЭТР204 (рис. 3.45, а) состоит из тягача и навесного рабочего органа (ротора).

Гусеничный ход базового трактора Т-130 удлинен и расширен по колею, а двигатель вынесен вперед относительно ходовых тележек. На тягаче 1 установлена низкая компактная рама 2 с направляющими стойками, на которой смонтирован редуктор 4 привода ротора, гидравлические механизмы 3 подъема и опускания передней и задней частей рабочего органа и узел опоры рабочего органа. К тягачу шарнирно прикреплена рама 7 рабочего органа, несущая роторное колесо 6 диаметром 3550 мм (по режущим кромкам зубьев) с четырнадцатью ковшами вместимостью 140 л, двухсекционный отвальный конвейер 5, ножевые откосники 9 и зачистное устройство 8 для зачистки дна траншеи. Роторное колесо, щит-ограничитель, поддерживающие и направляющие ролики ротора ЭТР204 по конструкции одинаковы с такими же узлами экскаватора ЭР7АМ. Передние кронштейны рамы 7 (рис. 3.45, б) рабочего органа шарнирно соединены с ползунами 11 механизма подъема передней части рабочего органа, которые могут передвигаться по наклонным направляющим стойкам 12 рамы тягача (так же, как у экскаватора ЭР7АМ) с помощью пары гидроцилиндров 14 и втулочно-роликовых цепей 13. Подъем и опускание задней части рабочего органа производятся парой гидроцилиндров 15, штоки которых шарнирно прикреплены к верхней части стоек 10, связанных с задним концом рамы 7 канатами 19.

Задняя часть рабочего органа при копании траншей находится в подвешенном состоянии, поэтому рабочий орган не имеет задней опоры.

Ленточный отвальный конвейер экскаватора ЭТР204 с шириной ленты 800 мм выполнен складывающимся и состоит из горизонтальной и наклонной (откидной) секций. Откидная секция устанавливается в наклонное рабочее положение и опускается с помощью

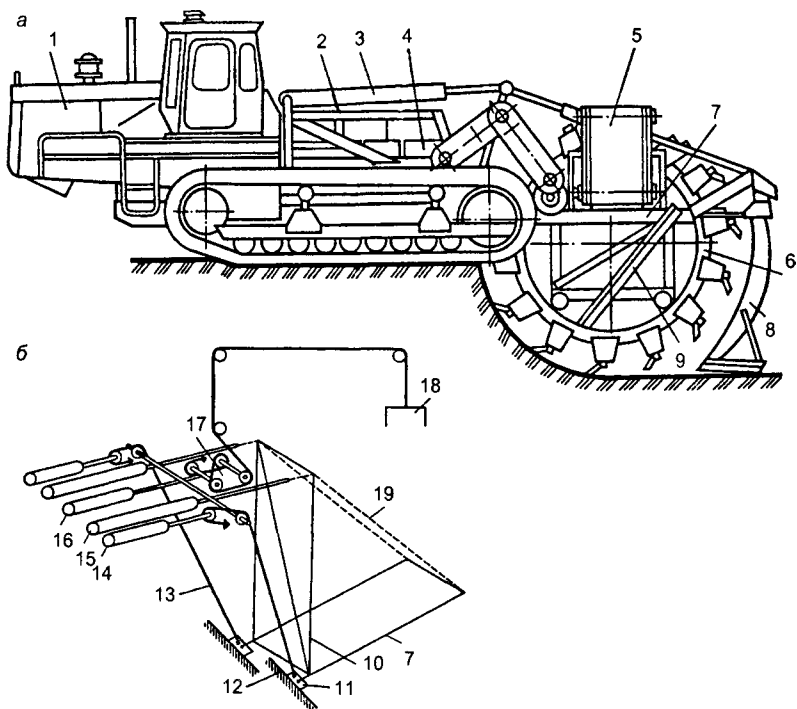


Рис. 3.45. Экскаватор траншейный роторный ЭТР-204:

а — общий вид; **б** — схема механизма подъема рабочего органа и откидной части конвейера

гидроцилиндра 16 через полиспасть 17 с траверсой. Экскаваторы серий ЭТР204, а также ЭТР223 и ЭТР224 имеют единые кинематические схемы трансмиссии тягача и привода рабочего органа. Роторное колесо может вращаться с двумя скоростями (7,8 и 9,6 об/мин) вперед и с одной скоростью назад. Пониженная частота вращения ротора необходима при разработке грунтов со значительными каменистыми включениями.

Отвальный двухсекционный конвейер приводится в действие от одного из полувалов привода ротора. Скорость движения ленты конвейера составляет 3,4, 4,3 и 5,4 м/с.

Производительность экскаваторов ЭТР204, ЭТР223 и ЭТР224 составляет 600–650 м³/ч. Кроме рассмотренных машин отечественная

промышленность серийно выпускает экскаваторы: ЭТР231 (ширина траншеи 1,8 м, глубина 2,3 м) с дизель-электрическим приводом производительностью 800 м³/ч; ЭТР253А (ширина траншеи 2,1 м, глубина 2,5 м) производительностью 1200 м³/ч с дизель-электрическим приводом (на базе трактора ДЭТ-250М) и бесступенчатыми скоростями рабочего хода 20–350 м/ч; ЭТР254 (ширина траншеи 2,1 м, глубина 2,5 м) производительностью 1200 м³/ч с механическим приводом ходового оборудования для получения 32 скоростей рабочего хода в диапазоне от 20 до 500 м/ч, предназначенный для работы в мерзлых грунтах с промерзанием на всю глубину траншеи.

Ниже в качестве примеров приведены схемы некоторых из применяемых в строительном производстве многоковшовых скребковых (цепных) и роторных экскаваторов.

Экскаватор ЭТЦ-208В (ЭТЦ-208Д) (рис. 3.46) оснащен цепным рабочим органом и поперечно расположенным цепным скребковым конвейером. Наибольшая глубина его копания — 2,0 м. На каретках цепи в определенной последовательности расположены резцы и скалывающие клинья. При движении цепи и поступательном передвижении

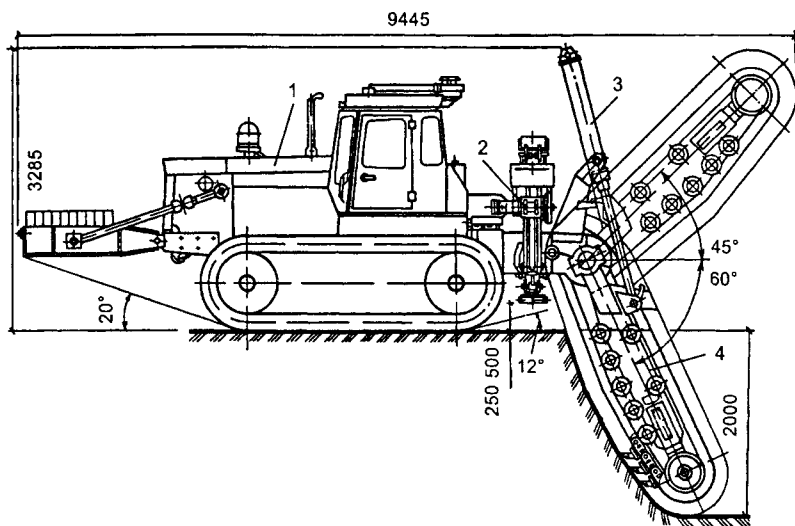


Рис. 3.46. Цепной скребковый экскаватор ЭТЦ-208В (ЭТЦ-208Д):

1 — базовая машина; 2 — цепной скребковый конвейер (ЭТЦ-208В); 3 — гидроцилиндр подъема и опускания рабочего органа; 4 — рабочий орган (зачистное устройство ЭТЦ-208Д не показано)

машины резцы прорезают на поверхности разрабатываемого грунта канавки, а остающиеся между ними целики грунта скалываются боковым распором клиньев. Грунт выносится из траншей рабочей цепью и далее подается скребками конвейера в отвал на правую сторону по ходу машины.

Рабочий орган экскаватора ЭТЦ-208В представляет собой баровый механизм с режущей цепью, состоящей из кулачков, соединенных пальцами. Для зачистки и сглаживания дна отрываемой траншеи рабочий орган снабжен зачистным башмаком, который можно поднимать и опускать при помощи гидроцилиндра. Конвейера для отвала грунта нет.

Подъем, опускание и принудительное заглубление рабочего органа в грунт осуществляется с помощью двух гидроцилиндров, штоки которых связаны с рамой рабочего органа.

Экскаватор ЭТР-253А (рис. 3.47, а), благодаря более высокой энергонасыщенности, проходимости и надежности ходовой системы базового тягача ДЭТ-250, используют в грунтах III и IV групп, а также в мерзлых грунтах. Рабочее оборудование состоит из ротора, конвейера б и зачистного устройства. Задняя часть рамы опирается на грунт через пневмоколесную опору 9, а передняя соединена с базовым тягачом через узел сопряжения, снабженный осями для поворота рабочего оборудования относительно тягача в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Ротор и конвейеры приводятся от индивидуальных электродвигателей, получающих питание от дизель-генераторной установки базового тягача. Наибольшая глубина копания — 2,5 м.

В трансмиссию экскаватора входят редукторы привода генератора, отбора мощности, привода ротора, привода конвейера, а также ведущий мост трактора ДЭТ-250 с главной передачей, бортовыми фрикционами и бортовыми передачами.

Экскаватор ЭТР-254 (рис. 3.47, б) отрывает самые крупные для землеройных машин непрерывного действия траншеи в районах с тяжелыми климатическими и грунтовыми условиями.

В трансмиссию входят коробка передач трактора К-701, редуктора (реверса ротора, дифференциального привода конвейеров, барабанов конвейеров); ходоуменьшитель и ведущий мост, состоящий из главной передачи и планетарных редукторов трактора К-701, а также бортовых фрикционов и тормозов трактора Т-130М.

Наибольшая глубина копания экскаватора ЭТР-254 — 2,4 м.

Эксплуатационная производительность цепных траншейных экскаваторов со скребковым рабочим органом (в м³/ч):

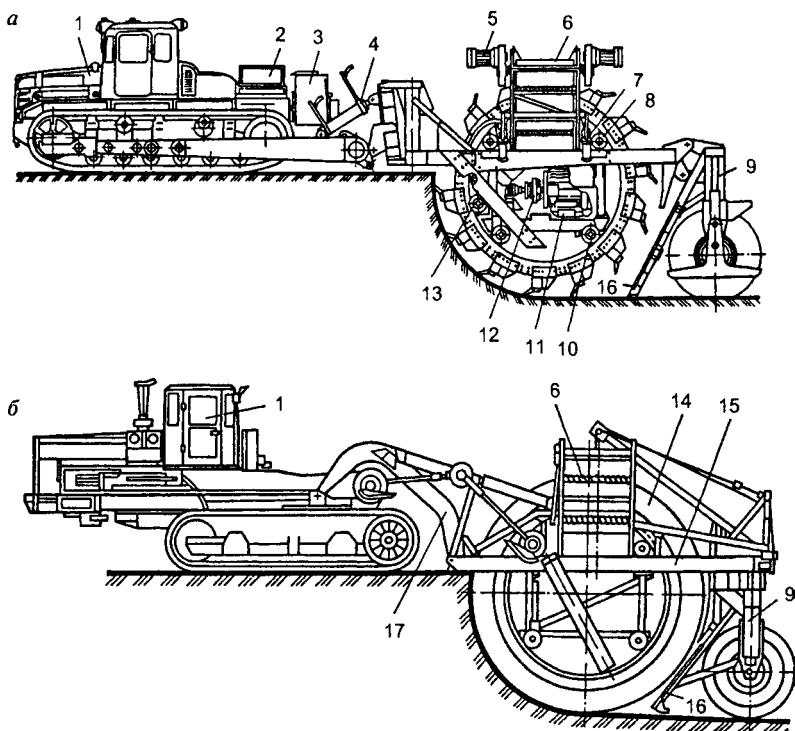


Рис. 3.47. Роторные многоковшовые экскаваторы ЭТР-253А (а) и ЭТР-254 (б):

1 — трактор ДЭТ-250М; 2 — электрооборудование; 3 — привод генератора; 4 — гидроцилиндр подъема рабочего органа; 5 — электродвигатель привода конвейера; 6 — конвейер; 7 — гидроцилиндр подъема конвейера; 8 — поддерживающие ролики; 9 — задняя опора рабочего органа с шинами; 10 — направляющие ролики; 11 — установка привода ротора; 12 — муфта предельного момента; 13 — редуктор привода ротора; 14 — ротор; 15, 17 — рамы рабочего оборудования и подъемная; 16 — зачистное устройство

$$\Pi_3 = 3600b_c h_c v_u \frac{K_n}{K_p} K_b,$$

где b_c — ширина скребка, м; h_c — высота скребка, м; v_u — скорость движения скребковой цепи, м/с; K_n — коэффициент наполнения экскавационных емкостей ($K_n = 0,35-0,75$ и зависит от вида грунта, толщины срезаемой стружки, длины и формы забоя, угла наклона рабочей

цепи к горизонту); K_p — коэффициент разрыхления грунта в процессе разработки ($K_p = 1,1-1,5$); K_b — коэффициент использования машины по времени ($K_b = 0,5-0,65$).

Эксплуатационная производительность роторных траншейных экскаваторов по выносной способности (в $\text{м}^3/\text{ч}$)

$$P_s = 0,06nmq \frac{K_n}{K_p} K_b,$$

где n — частота вращения ротора, об/мин; m — число ковшей; q — вместимость ковша, л; K_n — коэффициент наполнения ковша ($K_n = 0,9-1,1$); K_p — коэффициент разрыхления грунта ($K_p = 1,1-1,4$); K_b — коэффициент использования машины по времени ($K_b = 0,7-0,85$).

Мощность двигателя траншейного экскаватора расходуется одновременно на копание и подъем грунта рабочим органом, привод отвального конвейера и передвижение машины.

Мощность, расходуемая на копание грунта (в кВт):

$$N_k = k_1 \frac{P_r}{3600},$$

где P_r — техническая производительность экскаватора, $\text{м}^3/\text{ч}$; k_1 — удельное сопротивление копанию (в кПа), зависящее от категории разрабатываемого грунта (для грунтов I–IV категории k_1 равно приблизительно 100, 200, 300, 400 кПа).

Мощность, расходуемая на подъем грунта до уровня разгрузки (в кВт):

для ковшового рабочего органа

$$N_n = \frac{P_r \gamma}{3600} \left(\frac{H_r}{2} + H_0 \right),$$

для скребкового рабочего органа с учетом дополнительной затраты мощности на трение грунта о грудь забоя

$$N_n = \frac{P_r \gamma}{3600} \left(\frac{H_r}{2} + H_0 \right) (1 + \text{fctg}\beta),$$

где γ — объемный вес грунта в плотном теле, $\text{кН}/\text{м}^3$ (для грунтов I–IV категории γ равно соответственно 17, 18, 19, 20 $\text{кН}/\text{м}^3$); H_r — глубина траншеи, м; H_0 — высота подъема грунта от поверхности земли до

уровня разгрузки, m ; f — коэффициент трения грунта о грунт; β — угол наклона груди забоя к горизонту.

Мощность, необходимая для привода рабочего органа (в кВт):

$$N_p = \frac{N_k}{\eta_r \eta_p} + \frac{N_n}{\eta_r},$$

где η_r — КПД трансмиссии привода рабочего органа; η_p — КПД рабочего органа.

ГЛАВА 4. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

Агрегаты для погружения свай бывают ударного действия — свайные молоты; вибрационного действия — вибропогружатели и виброударного действия — вибромолоты, работающие с использованием удара и вибрации.

Для подтаскивания и установки сваи в заданной точке погружения, для установки молота на сваю, направления молота и сваи при забивке, а также перемещения агрегата в зоне производства работ служат копры.

Копровые установки (свайный молот, вибропогружатель или вибромолот в совокупности с копром) выполняются передвижными, самоходными и плавучими (для производства свайных работ в пределах водоемов).

4.1. СВАЙНЫЕ МОЛОТЫ

По типу привода свайные молоты разделяются на механические, паровоздушные, дизельные и гидравлические. Механические применяются редко.

Свайные молоты состоят из массивной ударной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющей конструкции в виде цилиндра (трубы), поршня со штоком, штанг и т.п. Направляющая часть молота снабжена устройством для закрепления и центрирования молота на свае. Ударная часть наносит чередующиеся удары по головке сваи и погружает ее в грунт.

Рабочий цикл молотов включает два основных хода — холостой и рабочий. При холостом ходе производится подъем ударной части в крайнее верхнее положение, а при рабочем — ускоренное падение ударной части и удар по свае.

Основными параметрами свайных молотов являются масса ударной части, энергия одного удара, высота подъема ударной части и частота ударов в минуту.

Паровоздушные молоты приводятся в действие энергией пара или сжатого воздуха. Различают молоты *простого* (одностороннего) действия, у которых энергия привода используется только для подъема ударной части, совершающей затем рабочий ход под действием собственной массы, и молоты *двустороннего* действия, энергия привода которых сообщает ударной части также дополнительное ускорение при рабочем ходе, в результате чего увеличивается энергия удара и сокращается продолжительность рабочего цикла.

Ударной частью паровоздушных молотов простого действия (рис. 4.1, а) служит чугунный корпус массой 1250–6000 кг, направляющей — поршень со штоком, опирающимся на головку сваи. Такие молоты несложны по конструкции, просты и надежны в эксплуатации, но вследствие малой производительности (не более 30 ударов в минуту) применяются сравнительно редко.

Чаще применяются автоматически работающие паровоздушные молоты двустороннего действия с частотой ударов до 100–300 в минуту и массой ударной части до 2250 кг. К недостаткам молотов двустороннего действия относятся значительная масса неподвижных частей («мертвая» масса), составляющая 60–70 % (у молотов простого действия до 30 %) общей массы молота, возможность погружения только легких шпунтов, деревянных и железобетонных свай, большой расход пара или сжатого воздуха.

Основными узлами паровоздушного молота двустороннего действия (рис. 4.1, б) являются неподвижный корпус, подвижный поршень с двумя массивными штоками (ударная часть) и автоматическое парораспределительное устройство.

Возвратно-поступательное движение ударной части молота обеспечивается за счет попеременной подачи пара или сжатого воздуха в верхнюю (надпоршневую) или нижнюю (подпоршневую) полости парового цилиндра золотниковым распределительным устройством. Путем изменения давления подаваемого пара (сжатого воздуха) можно регулировать энергию удара молота.

Паровоздушные молоты устанавливаются на копре или подвешиваются к крюку самоходного крана. Их можно применять для забив-

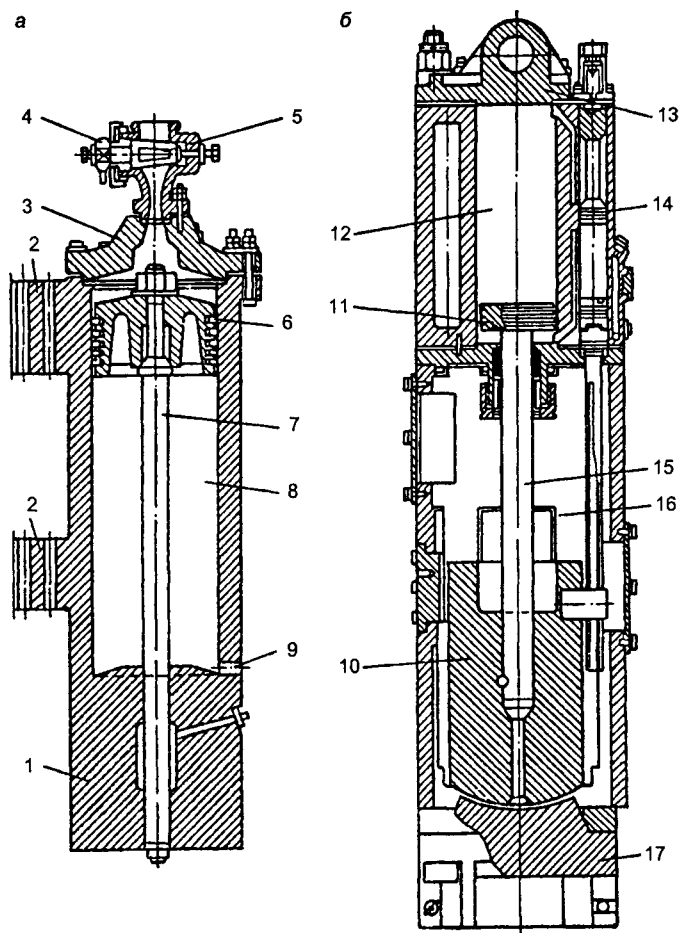


Рис. 4.1. Паровоздушные молоты простого (а) и двойного (б) действия:

1 — корпус; 2 — направляющие захваты; 3 — крышки; 4 — коромысло; 5 — поворотный кран; 6 — поршень; 7, 15 — шток; 8 — полость цилиндра; 9 — отверстие; 10 — массивный боек; 11 — подвижный поршень; 12 — паровой цилиндр; 13 — крышка с проушиной; 14 — золотник распределительного устройства; 16 — направляющая для бойка; 17 — ударная плита (наковальня)

ки как вертикальных, так и наклонных свай, а также для выполнения свайных работ под водой. Недостатком таких молотов является

необходимость применения дорогостоящих и громоздких компрессорных установок или парообразователей, дополнительный персонал и транспортные средства. Поэтому сейчас основным средством для погружения свай служат энергетически автономные мобильные дизель-молоты, работающие по принципу двухтактного дизеля.

По типу направляющих дизель-молоты разделяются на трубчатые и штанговые. У трубчатого дизель-молота направляющей ударной части в виде массивного подвижного поршня служит неподвижная труба. У штангового направляющими ударной части — в виде массивного подвижного цилиндра — служат две штанги, закрепленные в основании поршневого блока и соединенные в своей верхней части траверсой. Распыление дизельного топлива в камере сгорания у штанговых молотов форсуночное, а у трубчатых — ударное.

Дизель-молоты подвешиваются к копровой стреле с помощью захватов и подъемно-сбрасывающего устройства («кошки»), предназначенного для подъема и пуска молота. «Кошка» прикреплена к канату лебедки копровой установки.

В зависимости от массы ударной части различают легкие (до 600 кг), средние (до 1800 кг) и тяжелые (свыше 2500 кг) дизель-молоты.

Штанговый дизель-молот (рис. 4.2) состоит из следующих основных узлов: поршневого блока, подвижного рабочего цилиндра (ударной части), двух направляющих штанг, траверсы, шарнирной опоры, механизма подачи топлива и захвата-«кошки».

Поршневой блок состоит из цилиндрического полого поршня 12 с компрессионными кольцами 2 и основания 2. В центре днища поршня укреплена распылитель-

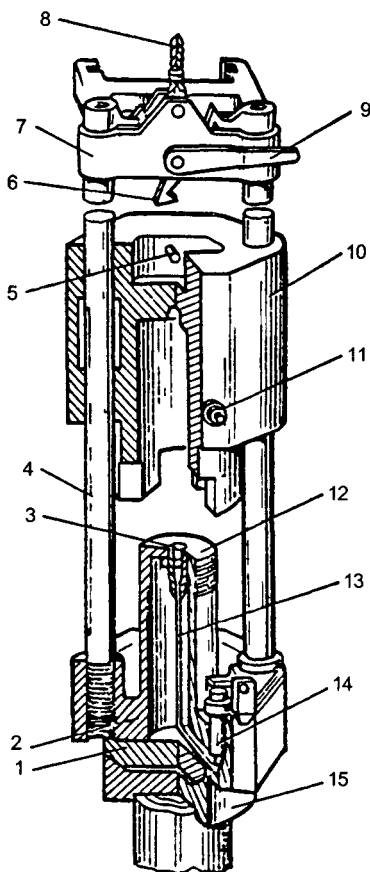


Рис. 4.2. Штанговый дизель-молот

ная форсунка 3, соединенная топливопроводом 13 с плунжерным топливным насосом 14 высокого давления (до 50 МПа). Питание насоса осуществляется из топливного резервуара. Основание поршневого блока опирается на шарнирную опору, состоящую из сферической пяты 1 и наголовника 15. В теле основания закреплены нижние концы направляющих штанг 4, верхние концы штанг соединены траверсой. По штангам перемещается массивный ударный цилиндр 10 со сферической камерой сгорания в донной части. На внешней поверхности цилиндра укреплен штырь (выступающий стержень) 11, приводящий в действие топливный насос 14 при падении ударной части вниз. Подъем ударной части в верхнее крайнее положение перед запуском молота в работу осуществляется подвижным захватом «кошкой» 7, подвешенным к канату 8 лебедки копра.

При опускании «кошки» вниз крюк 6 автоматически зацепляется за валик 5 в углублении отливки цилиндра. «Кошку» и сцепленную с ней ударную часть поднимают лебедкой копра в крайнее верхнее положение. Затем, воздействуя вручную (через канат) на рычаг сброса 9, разъединяют «кошку» и ударный цилиндр и он под действием собственной массы падает вниз на неподвижный поршень 12. При надвигении цилиндра на поршень воздух, находящийся во внутренней полости цилиндра, сжимается (в 25–28 раз) и температура его резко повышается (до 600°С). При нажатии штыря 11 цилиндра на приводной рычаг топливного насоса 14 дизельное топливо по топливопроводу 13 подается к форсунке 3 и распыляется в камере сгорания, смешиваясь с горячим воздухом. При дальнейшем движении цилиндра вниз горячая смесь воспламеняется, и в то же мгновение цилиндр наносит удар по шарнирной опоре 1 и наголовнику 15, которой надет на головку сваи. Расширяющиеся продукты сгорания смеси (газы) выталкивают ударную часть вверх и выходят в атмосферу. Поднимающийся рабочий цилиндр быстро теряет скорость, под действием собственной массы начинает опять падать вниз, и цикл повторяется и т.д. Дизель-молот работает автоматически до выключения топливного насоса.

Обладая малой энергией удара (составляющей 25–35 % потенциальной энергии ударной части), штанговые дизель-молоты применяют только для забивки свай небольшой массы (не более 2000–3000 кг) в слабые и средней плотности грунты.

Промышленностью серийно выпускаются штанговые дизель-молоты с массой ударной части 240 и 2500 кг, развивающие энергию удара соответственно 3,2 и 65 кДж при частоте ударов 50–55 в минуту. Штанговые дизель-молоты применяют в основном для забивки легких железобетонных и деревянных свай, стальных труб и шпунта.

Трубчатые дизель-молоты (рис. 4.3) выполнены по схожей конструктивной схеме и состоят из следующих основных узлов: ударной части — поршня 9 с компрессионными кольцами, трубы (цилиндра) с направляющей 8 и рабочей 3 секциями, шабота (пяты) 2, топливного насоса 11 низкого давления и подъемно-сбрасывающего устройства («кошки») 6. Труба молота в верхней части открыта, а в нижней герметично закрыта шаботом 2 с компрессионными кольцами. Шабот имеет возможность перемещаться в небольших пределах вдоль оси трубы, чем достигается полная неподвижность его при ударе. Нижняя опорная поверхность шабота снабжена штырем 1 для центрирования молота на свае.

Внутри цилиндра возвратно-поступательно перемещается удлиненный поршень 9 со сферической головкой, по форме соответствующей

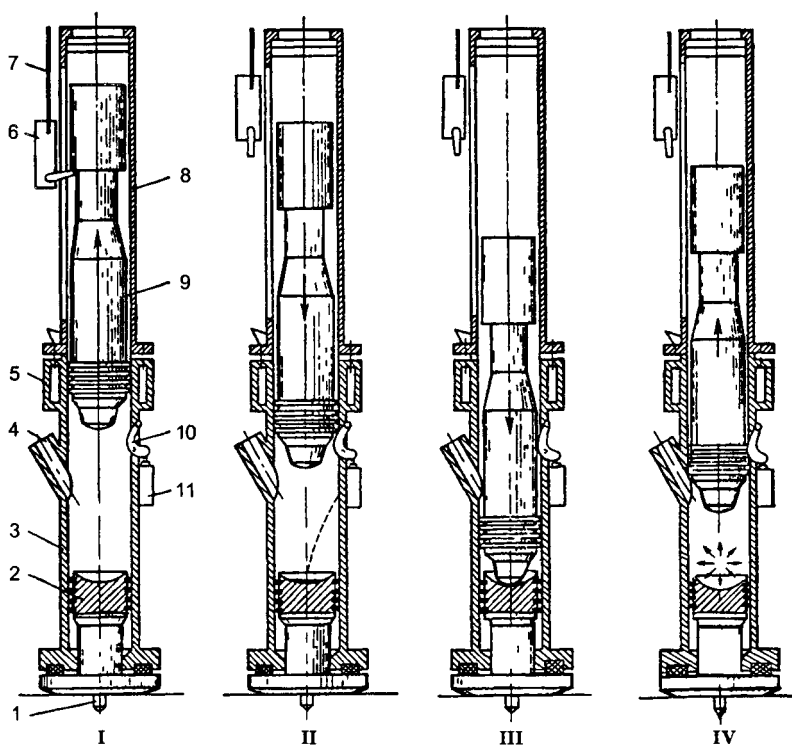


Рис. 4.3. Последовательность работы трубчатого дизель-молота

ющей выемке в шаботе. При полном контакте сферических поверхностей поршня и шабота (в момент удара) кольцевая полость, образованная между стенками рабочего цилиндра и цилиндрической частью поршня в месте перехода ее в сферическую головку, представляет собой камеру сгорания. Топливо в сферу шабота подается под давлением не более $3\text{--}5 \text{ кгс/см}^2$ ($0,3\text{--}0,5 \text{ МПа}$) плунжерным насосом низкого давления *11*, которым управляет падающий поршень, нажимающий на приводной рычаг *10*. К насосу топливо поступает по гибким резиновым шлангам из топливного бака *5*, вынесенного из зоны удара и укрепленного на цилиндре в средней его части. Закрытая конструкция трубчатого молота практически исключает попадание в его внутренние полости абразивных частиц. Полость рабочего цилиндра *3* сообщается с атмосферой через всасывающе-выхлопные патрубки *4*, направленные вверх.

Для смазки трущихся рабочих поверхностей цилиндра и поршня в верхней части поршня имеется масляный резервуар. Перед пуском молота поршень *9* поднимается «кошкой» *6*, подвешенной на канате *7*, в крайнее верхнее положение, после чего происходит автоматическое расцепление «кошки» и поршня (положение I). При свободном падении вниз по направляющей трубе *8* поршень нажимает на приводной рычаг *10* топливного насоса *11*, который подает дозу топлива в сферическую выточку шабота *2* (положение II). При дальнейшем движении вниз поршень перекрывает отверстия всасывающе-выхлопных патрубков *4* и начинает сжимать воздух в рабочем цилиндре *3*, значительно повышая его температуру. В конце процесса сжатия головка поршня наносит удар по шаботу, чем обеспечивается погружение сваи в грунт и распыление топлива в кольцевую камеру сгорания, где оно самовоспламеняется, перемешиваясь с горячим сжатым воздухом (положение III). Часть энергии расширяющихся продуктов сгорания — газов (максимальное давление сгорания $7\text{--}8 \text{ МПа}$) передается на сваю, производя ее дополнительное (после механического удара) погружение, а часть расходуется на подброс поршня вверх на высоту до 3 м. Вследствие воздействия на сваю последовательно двух ударов — механического и газодинамического — достигается высокая эффективность трубчатых дизель-молотов.

При движении поршня вверх (положение IV) расширяющиеся газы по мере открывания всасывающе-выхлопных патрубков *4* выбрасываются в атмосферу. Через те же патрубки засасывается свежий воздух при дальнейшем движении поршня вверх. По достижении крайнего верхнего положения поршень начинает свободно падать

вниз, рабочий цикл повторяется, и в дальнейшем молот работает автоматически до полного погружения сваи.

Серийно выпускаются трубчатые дизель-молоты с массой ударной части 500, 1250, 1800, 2500, 3500 и 5000 кг для погружения железобетонных свай всех типоразмеров массой до 13000 кг и длиной до 25 м. Трубчатые дизель-молоты развивают энергию удара 15–150 кДж при частоте ударов 43–45 в минуту.

Массу ударной части дизель-молота подбирают в зависимости от массы погружаемой сваи и типа применяемого молота. Так, масса ударной части штангового дизель-молота должна быть не менее 100–125 %, а трубчатого — 40–70 % массы сваи, погружаемой в грунт средней плотности.

Промышленность выпускает пять моделей однотипных трубчатых дизель-молотов, различающихся между собой массой ударной части: дизель-молот СП-75 с ударной частью массой 1250 кг, СП-76 (1800 кг), СП-77 (2500 кг), СП-78 (3500 кг) и СП-79 (5000 кг).

На рис. 4.4 показаны конструктивные схемы выпускаемых трубчатых дизель-молотов СП-75, СП-76, СП-77.

Трубчатые молоты более эффективны, чем штанговые, так как при равной массе ударной части могут забивать более тяжелые (в два-три раза) сваи за один и тот же

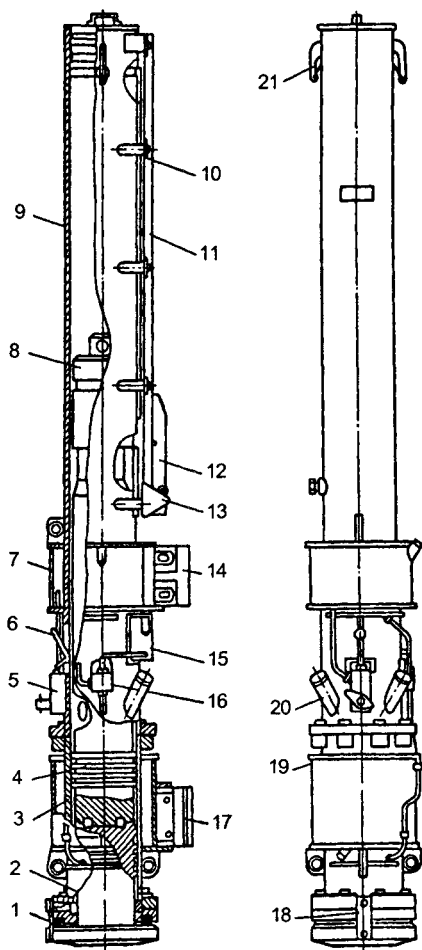


Рис. 4.4. Конструктивная схема трубчатых дизель-молотов СП-75, СП-76, СП-77

отрезок времени. Общим недостатком дизель-молотов является большой расход энергии на сжатие воздуха (50–60 %) и поэтому малая мощность, расходуемая на забивку свай.

Все трубчатые дизель-молоты выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и состоят из следующих основных узлов (рис. 4.4): ударной части — поршня 8 с компрессионными кольцами 4, сменного рабочего цилиндра 3 и направляющей трубы 9, шабота 2, по которому наносит удар поршень, топливной и масляной систем, пускового устройства — «кошки» 12 с подъемно-сбрасывающим механизмом. В верхней части направляющей трубы имеются две проушины 21 для крепления каната при установке молота на копер. Рабочий цилиндр герметично закрыт снизу шаботом с компрессионными кольцами, передающим энергию удара поршня на сваю. К фланцу шабота прикрепляется свайный наголовник. Между фланцами рабочего цилиндра и шабота установлен кольцевой резиновый амортизатор 1, предотвращающий жесткое соударение корпуса цилиндра и шабота при больших осадках свай. В нерабочем состоянии рабочий цилиндр и шабот соединяют планкой 18. Нижний торец поршня — сферический и по форме соответствует выемке в шаботе. При полном контакте сферических поверхностей поршня и шабота (в момент удара) кольцевая полость, образованная кольцевыми выточками в их сферах, представляет собой камеру сгорания. Топливо в сферу шабота подается под давлением 0,3–0,5 МПа плунжерным насосом 5, которым управляет падающий поршень, нажимающий на приводной рычаг 6. К насосу топливо поступает по гибким резиновым шлангам из топливного бака 7. Полость рабочего цилиндра 3 сообщается с атмосферой через четыре всасывающе-выхлопных патрубка 20, направленных вверх. Смазка трущихся рабочих поверхностей цилиндра и поршня осуществляется принудительно. Масло из бака 15 подается по гибкому маслопроводу плунжерным насосом 16, отвод тепла от стенок рабочего цилиндра обеспечивается системой водяного охлаждения от бака 19 с заливной и сливной горловинами.

В направляющей трубе со стороны копра имеется продольный паз, в котором перемещается подъемный рычаг-«кошка», входящий в зацепление с поршнем при его подъеме во время запуска молота. На наружной поверхности той трубы установлены: направляющая 11 «кошки» 12, упор 13 для взвода подъемного рычага «кошки», упор 10 для сброса поршня и два захвата (левый 17 и правый 14) для подъема дизель-молота «кошкой».

Последовательность работы дизель-молотов приведена на рис. 4.3.

Конструкция трубчатых дизель-молотов постоянно совершенствуется. В настоящее время созданы быстроходные трубчатые молоты с *пневматическим буфером* (пневмобуфером), частота ударов которых составляет 65–75 в минуту. Пневматический буфер накапливает энергию при ходе ударной части вверх и сообщает ей дополнительное ускорение при разгоне вниз. Вследствие этого мощность молотов с пневмобуфером и, следовательно, темп погружения сваи примерно в полтора раза выше, чем у обычных трубчатых молотов со свободным падением ударной части. Дизель-молоты с пневмобуфером аналогичны по конструкции, имеют массу ударной части 500, 1250, 1800 кг, развивают энергию удара соответственно 8, 5, 19 и 27 кДж.

Сейчас начат серийный выпуск новых прогрессивных **гидравлических молотов** простого и двустороннего действия, используемых в качестве сменного рабочего оборудования одноковшовых гидравлических экскаваторов.

Принцип работы гидромолота двустороннего действия заключается в использовании энергии движущейся с большой скоростью массивной ударной части, разгон которой происходит под действием собственной массы и давления рабочей жидкости на ее поршень. Рабочая жидкость подается от насоса и гидроаккумулятора.

В конструкцию гидромолота двустороннего действия (рис. 4.5) входят следующие основные узлы и детали: рабочий цилиндр 7 с распределительным золотником 12 и гидроаккумулятором 18, корпус с направляющей трубой 2, ударная часть 3 и шабот 1. Массивная ударная часть подвешена к штоку 4 поршня 6 рабочего цилиндра 7 посредством упругого шарнира.

Цикл работы гидромолота состоит из разгона ударной части вверх, торможения ее перед верхней «мертвой» точкой, разгона вниз и удара по шаботу. Ударная часть не имеет участков установившегося движения. Гидромолот работает следующим образом. При включении насоса 17 рабочая жидкость поступает через золотник 12 в штоковую полость 5 рабочего цилиндра и в полость над поршнем 14 гидроаккумулятора. Начинается разгон ударной части вверх. Во время подъема ударной части распределительный золотник 12 удерживается пружиной 19 в верхнем положении, жидкость из поршневой полости 10 рабочего цилиндра через канал 9 вытесняется через сливную магистраль 15 в бак 16, а поршень 14 аккумулятора 18 перемещается вниз, накапливая рабочую жидкость. В конце разгона вверх поршень 6 перекрывает сливное окно 9, вследствие чего возрастает давление в поршневой полости 10, канале 11 и над верхним торцом золотника 12. При этом золотник перемещается в нижнее положение, соеди-

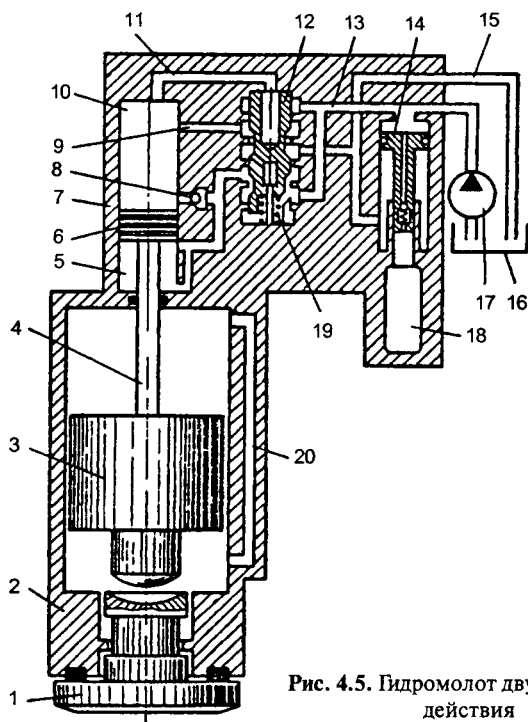


Рис. 4.5. Гидромолот двустороннего действия

няя поршневую полость 10 рабочего цилиндра с напорной линией 13. Затем следует фаза торможения ударной части, во время которой поршень 6 вытесняет жидкость из полости 10 в аккумулятор 18.

После остановки ударной части в верхней «мертвой» точке начинается ее разгон вниз под действием собственной массы, веса и давления рабочей жидкости, действующего на поршень 6. Когда ударная часть достигает скорости, которую она имела бы при установившемся движении (при данной производительности насоса и площади поршня), аккумулятор начинает разряжаться, отдавая накопленную жидкость в рабочий цилиндр 7, а его поршень 14 движется вверх. В конце хода вниз ударная часть наносит удар по шаботу 1.

Перед нанесением удара верхняя кромка поршня 6 опускается ниже обратного клапана 8, через который жидкость из поршневой полости 10 поступает в сливную магистраль 15, давление в системе падает, и под действием пружины 19 золотник 12 перемещается вверх. Далее цикл повторяется. Находящийся в направляющей трубе воздух

свободно перетекает в полости над и под ударной частью по каналу 20, не оказывая существенного сопротивления ее движению.

Гидравлические молоты характеризуются энергией удара 3,5–120 кДж, частотой ударов 50–170 в минуту и массой ударной части 210–7500 кг. Гидромолоты просты в управлении и обслуживании, имеют довольно высокий КПД (0,55–0,65), издают при работе слабый шум.

Энергию удара (в Дж) свайных молотов механических и простого действия (паровоздушных, гидравлических и дизель-молотов) определяют по формуле

$$E = QH\eta,$$

а молотов двустороннего действия — по формуле

$$E = (Q + pF)H\eta,$$

где Q — вес ударной части, Н; H — величина рабочего хода ударной части, м; p — давление рабочей жидкости сжатого воздуха или пара, Па; F — рабочая площадь поршня, м²; η — КПД молота (для паровоздушных молотов $\eta = 0,85$ – $0,9$, для штанговых дизель-молотов $\eta = 0,35$ – $0,4$, для трубчатых — $\eta = 0,6$ – $0,65$, для гидравлических молотов $\eta = 0,55$ – $0,65$).

Эффективность погружения сваи в грунт зависит от соотношения масс сваи m_c и ударной части молота m_m , частоты ударов молота n_m и скорости соударения v_c ударной части молота с шаботом. Практически установлена необходимость соблюдения следующих условий: $0,5 \leq m_c/m_m \leq 2,5$ (при $m_c/m_m > 2,5$ эффективность погружения сваи резко снижается), $v_c \leq 6$ м/с (при $v_c > 6$ м/с большая часть энергии удара затрачивается на разрушение наголовника и головки сваи), $n_m \geq 30$ 1/мин (при $n_m < 30$ 1/мин свая успевает полностью остановиться и молоту приходится дополнительно преодолевать инерцию неподвижной сваи).

4.2. ВИБРОПОГРУЖАТЕЛИ, ВИБРОМОЛОТЫ И ШПУНТОВЫДЕРГИВАТЕЛИ

Для погружения металлического шпунта, труб и железобетонных свай в песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты применяют **вибропогружатели**, действие которых основано на резком снижении

сопротивления грунта внедрению погружаемого элемента при сообщении последнему колебаний, направленных вдоль его продольной оси. Вибропогружатели применяют также для выдергивания погруженных свай, металлического шпунта и труб. Они комплектуются сменными наголовниками с механическими и гидравлическими зажимами для жесткого соединения машины с погружаемыми или извлекаемыми элементами. Для работы вибропогружателей необходим копер или самоходный кран с направляющей стрелой. Вибропогружатель представляет собой вибратор направленного действия с четным количеством (два, четыре или шесть) параллельных валов с дебалансами (неуравновешенными массами), синхронно вращающимися в разных направлениях. Суммарная масса дебалансов на каждом валу одинакова. Центробежная (возмущающая) сила вибратора, возникающая при вращении дебалансов, достигает максимального значения при их вертикальном расположении (в этот момент центробежные силы всех дебалансов складываются) и направлена вдоль оси погружаемого элемента, жестко прикрепленного к корпусу вибратора с помощью наголовника. При горизонтальном расположении дебалансов их центробежные силы взаимно уничтожаются.

Различают *низкочастотные* ($n \leq 600$ кол/мин) и *высокочастотные* ($n \geq 1000$ кол/мин) вибропогружатели. Низкочастотный вибропогружатель (рис. 4.6, а) состоит из четырехвального вибратора, приводного электродвигателя 1 с фазовым ротором и наголовника 5, жестко соединенных между собой и со свайей 6. Движение дебалансным валом 4, вращающимся попарно в разные стороны, передается от электродвигателя через промежуточную шестерню 2 и систему синхронизирующих цилиндрических шестерен 3, закрепленных на валах. Приводной электродвигатель низкочастотного вибропогружателя, воспринимающий значительные вибрационные нагрузки (так как система двигатель — вибратор — свая жесткая), выполняется виброустойчивым. Низкочастотные вибропогружатели предназначены в основном для погружения в однородные слабые водонасыщенные грунты железобетонных свай длиной до 12 м, труб и свай-оболочек массой до 10 т. Низкочастотные машины развивают возмущающую силу до 18500 кгс (185 кН) при частоте колебаний 420 в минуту и мощности электродвигателя до 60 кВт. Масса их составляет до 2500 кг, амплитуда колебаний (без свай) до 20 мм.

У высокочастотного вибропогружателя (рис. 4.6, б) приводной электродвигатель 9 с короткозамкнутым ротором установлен на подрессоренной пригрузочной плите 10. Наличие между электродвигателем и вибратором амортизирующих пружин 12 позволяет

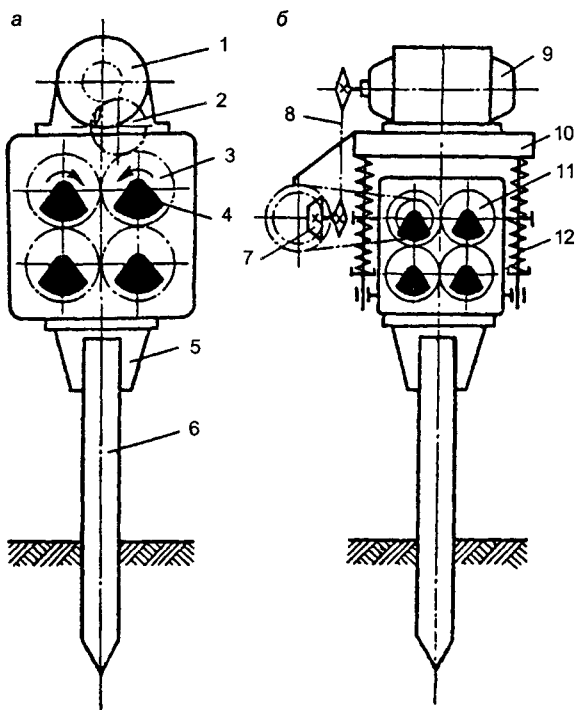


Рис. 4.6. Низкочастотные (а) и высокочастотные (б) вибропогружатели

существенно уменьшить вредное воздействие вибрации на электродвигатель: в процессе погружения колебания совершают только вибратор и свая. Меняя массу пригрузочной плиты, создающей необходимое давление на погружаемый элемент, получают режимы вибрации, способствующие наиболее эффективному погружению сваи (шпунта). Привод четырехвального вибратора осуществляется через вертикальную цепную передачу 8, конический редуктор 7 и систему синхронизирующих шестерен 11, закрепленных на дебалансных валах. Дебаланс высокочастотного вибропогружателя представляет собой два скрепленных между собой диска, один из которых жестко связан с валом. Изменяя взаимное положение дисков, регулируют кинетические моменты дебалансов и вибратора. Примеры низкочастотных и высокочастотных вибропогружателей показаны на рис. 4.7.

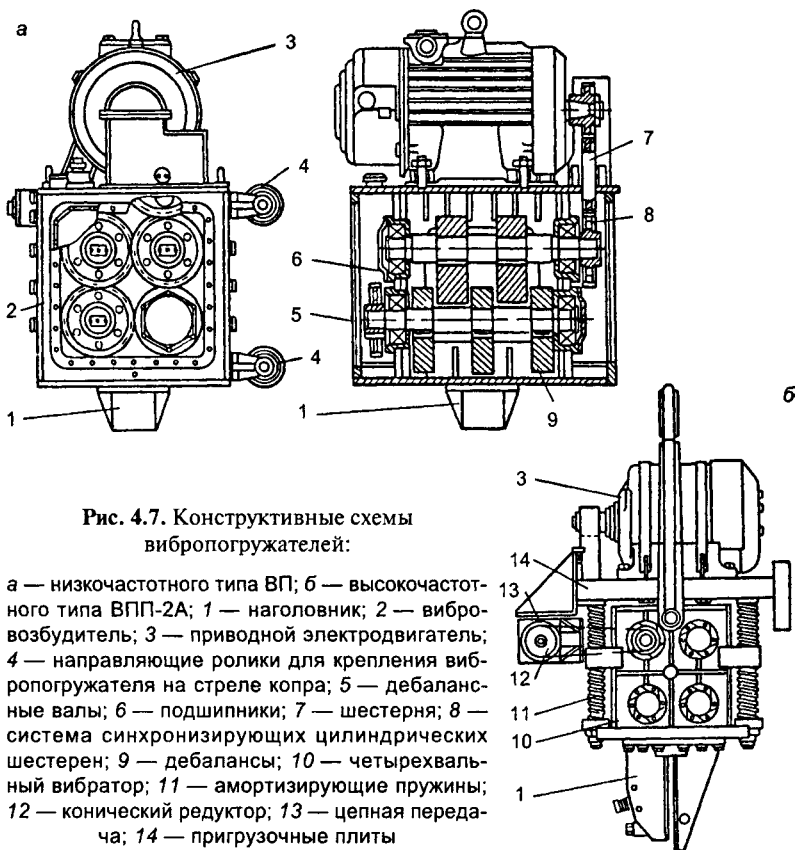


Рис. 4.7. Конструктивные схемы вибропогружателей:

а — низкочастотного типа ВП; б — высокочастотного типа ВПП-2А; 1 — наголовник; 2 — вибро-возбудитель; 3 — приводной электродвигатель; 4 — направляющие ролики для крепления вибропогружателя на стреле копра; 5 — дебалансные валы; 6 — подшипники; 7 — шестерня; 8 — система синхронизирующих цилиндрических шестерен; 9 — дебалансы; 10 — четырехваль-ный вибратор; 11 — амортизирующие пружины; 12 — конический редуктор; 13 — цепная передача; 14 — пригрузочные плиты

Высокочастотные вибропогружатели применяют для погружения в малосвязные грунты шпунта, труб и профильного металла длиной до 20 м. Они развивают возмущающую силу до 25000 кгс (250 кН) при частоте колебаний 1500 в минуту и мощности двигателя 40 кВт. Общая масса машины составляет до 2200 кг, масса пригрузки — до 1500 кг, амплитуда колебаний — до 14 мм.

Основными недостатками вибропогружателей являются непригодность для погружения свай (шпунта) в связные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

Эффективное погружение в плотные грунты металлических свай, труб и шпунта обеспечивают **вибромолоты**, которые сообщают

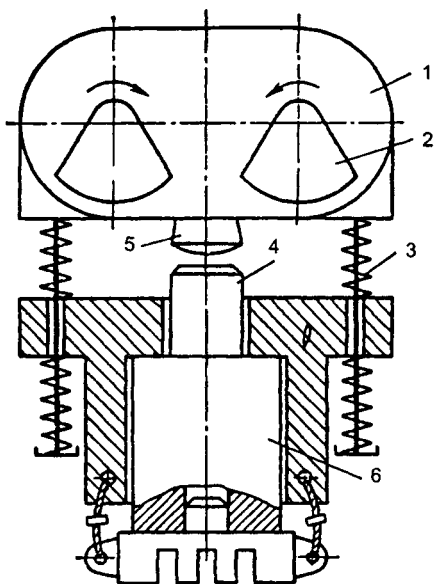


Рис. 4.8. Вибромолот

погружаемому элементу кроме вибрации еще и ударные импульсы. Вибромолоты используют также для погружения железобетонных свай в однородные водонасыщенные грунты и извлечения из грунта труб, свай, шпунта.

Вибромолот (рис. 4.8) состоит из двухвального бестрансмиссионного вибровозбудителя направленных вертикальных колебаний 1 с ударником 5 и наковальни 4, соединенных между собой пружинами 3. Наковальник устанавливается на сваю без закрепления. В корпусе вибровозбудителя смонтированы два электродвигателя, на параллельных валах которых,

синхронно вращающихся в разных направлениях, закреплены дебалансы 2. При вращении дебалансов ударник 5 колеблющегося вибровозбудителя наносит частые (до 480 в минуту) удары по наковальне 4, соединенной со свайей. Режим работы вибромолота (энергия и частота ударов) регулируют путем изменения зазора между ударником и наковальней.

Выпускаемые промышленностью вибромолоты имеют массу ударной части до 2100 кг, развивают возмущающую силу до 21800 кгс (218 кН), энергию одного удара до 3,9 кДж. Они способны погружать металлический шпунт длиной до 13 м, металлические сваи и трубы длиной до 20 м. Вибромолоты работают в комплекте с копром или самоходным краном соответствующей грузоподъемности.

Шпунтовывдергиватель (рис. 4.9) состоит из вибровозбудителя 4, виброизолятора 2, подвески 1, рамы 6 с клиновым захватом 7 и пульта дистанционного управления. В корпус вибровозбудителя вмонтированы два электродвигателя, на консолях параллельных валов которых закреплены четыре дебаланса с регулируемым статическим моментом. При синхронном вращении дебалансов в разные стороны создаются вертикально направленные колебания.

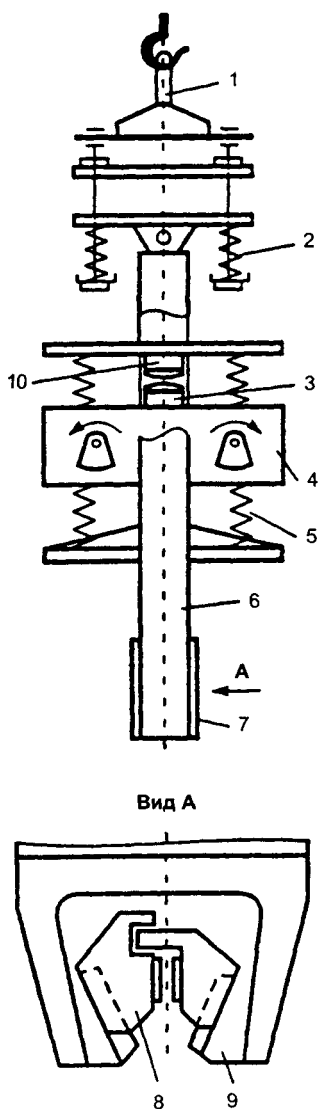


Рис. 4.9. Принципиальная схема шпунтовывергивателя

Вибровозбудитель опирается через витые пружины 5 на раму 6, которая ограничивает его движение сверху, в результате чего вибровозбудитель с бойком 3 наносит удары по раме с наковальной 10 с определенной частотой и энергией. Рама передает энергию удара извлекаемому элементу через клиновой захват, который состоит из двух клиньев 9, скользящих в направляющих 8.

Шпунтовывергиватели могут эксплуатироваться совместно со стреловыми самоходными кранами грузоподъемностью до 25 т, гусеничными экскаваторами со стреловым оборудованием грузоподъемностью до 20 т и вертикальным телескопическим копровым оборудованием.

Шпунтовывергиватели имеют суммарную мощность электродвигателей 15–44 кВт, энергию удара 0,74–2,85 кДж, частоту ударов 8–16 Гц.

4.3. САМОХОДНЫЕ СВАЕБОЙНЫЕ УСТАНОВКИ И ВИБРОВДАВЛИВАЮЩИЕ АГРЕГАТЫ

Самоходные сваебойные установки представляют собой навесное и сменное копровое оборудование, смонтированное на экскаваторах, гусеничных тракторах, кранах-трубоукладчиках и автокранах. Применение таких установок, обладающих энергетической автономностью, высокой механизацией вспомогательных операций, мобильностью и маневренностью,

позволяет совершенствовать технологию свайных работ, сокращать продолжительность установки свай, повышать производительность и снижать стоимость свайных оснований.

Установка с фронтальной (задней) навеской копрового оборудования (рис. 4.10, *а*) состоит из трактора 9, двухсекционной мачты 5 с направляющими для дизель-молота 4, поворотной рамы 2, гидросистемы выравнивания мачты, гидрополиспастов подъема молота и свай, устройства для установки свай и гидропривода. Поворотная рама 2, несущая копровую мачту 5, нижним концом опирается на шарниры кронштейнов 1, прикрепленных к трактору. Рама вместе с мачтой может поворачиваться вокруг этих шарниров вперед и назад на 5° при помощи двух гидроцилиндров 7, которые используются также для перевода мачты в транспортное (горизонтальное) положение. Кроме того, копровая мачта может перемещаться по раме вправо — влево вдоль продольной оси машины при помощи гидроцилиндра поперечного выравнивания мачты, установленного на раме (на рис. 4.10 не показан). Такая подвижность копровой мачты позволяет быстро и точно устанавливать сваю под нужным углом в заданной точке погружения, а при отклонении свай от заданного направления в процессе погружения производить совмещение продольных осей молота и свай за счет наклона мачты. Подъем молота и свай производится отдельно с помощью двух канатных гидрополиспастов, подвижные обоймы которых соединены со штоками гидроцилиндров 8.

Схема запасовки канатов полиспастов подъема молота и свай показана на рис. 4.10, *б*. Установка свай под молот осуществляется с помощью стрелы 3, выдвигаемой гидроцилиндром 6 вперед и убираемой между направляющими мачты при забивке свай. Гидроцилиндры копрового оборудования обслуживаются шестеренным гидронасосом, который приводится в действие от двигателя трактора через редуктор. При монтаже аналогичного навесного оборудования на кране-трубоукладчике копровая мачта устанавливается вместо грузовой стрелы.

Самоходные сваебойные установки способны погружать в грунты различной плотности железобетонные сваи длиной до 12 м и массой до 5 т.

Вибровдавливающие агрегаты (рис. 4.11, *а*) погружают сваи длиной до 6–7 м, воздействуя на них вибрационными усилиями высокочастотного вибропогружателя с подрессоренной пригрузкой и вертикальными силами вдавливания, создаваемыми массами свай, вибропогружателя и частично массой всей машины. Такие агрегаты базируются

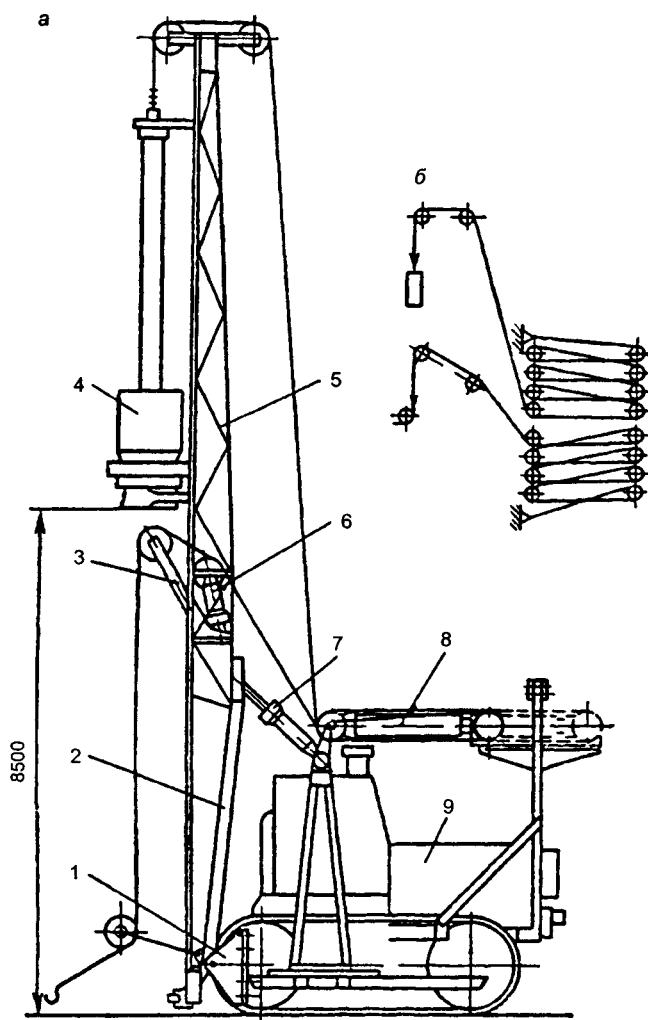


Рис. 4.10. Самоходная сваебойная установка на базе трактора

на гусеничных тракторах мощностью 80–102 кВт, в конструкцию которых внесены некоторые изменения. В комплект копрового оборудования агрегатов входят рама 3, мачта 5, двухбарабанная реверсивная лебедка 2 с электроприводом, вибропогружатель 6 и канатно-блочная

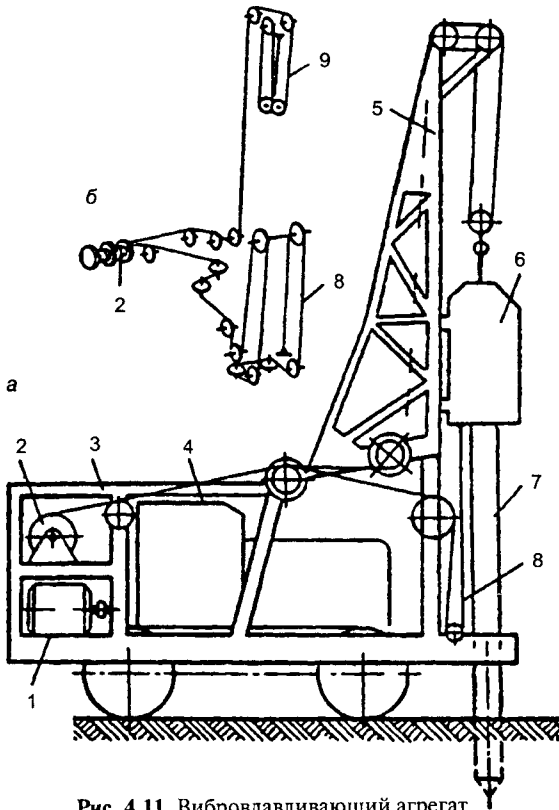


Рис. 4.11. Вибровдавливающий агрегат

система вдавливания 8. Питание электродвигателей лебедки и вибропогрузателя производится от синхронного генератора 1, вращаемого валом отбора мощности базового трактора. Один барабан реверсивной лебедки используется для подъема-опускания вибропогрузателя, а второй — для создания пригрузочного усилия. Тяговое усилие на каждом барабане лебедки составляет 4 тс (40 кН). Схема запасовок канатов подъемного 9 и пригрузочного 8 механизмов показана на рис. 4.11, б. Спереди трактора 4 на опорах рамы смонтирована пространственная решетчатая мачта 5 с оголовком, служащая подъемным и направляющим устройством для вибропогрузателя и сваи. При перебазировках машины мачта переводится в горизонтальное положение.

При вдавливании свай в плотные грунты вначале трубчатым лидером 7 (входящим в комплект агрегата) продавливают до заданной отметки лидирующую скважину, площадь поперечного сечения которой не превышает 50 % поперечного сечения сваи. Лидер из скважины извлекают лебедкой при работающем вибраторе. Затем в лидирующую скважину устанавливают жестко соединенную с вибропогружателем сваю и вдавливают ее так же, как лидер.

Самоходные сваебойные установки могут быть на рельсовом, гусеничном и автомобильном ходу. Примеры установок на рельсовом ходу показаны на рис. 4.12 и 4.13.

Рельсовые копры мостового типа (рис. 4.12, *a*) способны погружать с большой точностью железобетонные сваи длиной 8–12 м. Основной частью таких копров является самоходный металлический мост 3, передвигающийся по рельсам 4, и самоходная копровая тележка или рельсовый копер 1 со сваепогружателем 2, перемещающимся по мосту. Этим обеспечивается погружение свай в любой точке.

На рис. 4.12, *b*, показан универсальный копер с использованием ходовых тележек 6 башенного крана. На поворотной платформе 7 смонтированы ферма 8 с гидравлическими механизмами 9 управления копровой мачтой 5, лебедки для подтаскивания сваи, подъема-опускания молота 2 и сваи, подъема-опускания копровой мачты при монтаже и демонтаже. Копры на базе поворотных платформ башенных кранов используют для погружения свай длиной 12–25 м.

Возможность увеличения вылета мачты до 6 м и более позволяет обслуживать при линейном перемещении копра большой фронт свайных работ.

На рис. 4.12, *в*, показан пример рельсового копра на базе крана для нулевого цикла работ, с помощью которого можно забивать сваи длиной 8–12 м. Копровая мачта 14 подвешена к стреле 13 крана и опирается в рабочем положении на пята 11. Внизу они соединяются распоркой 12, позволяющей изменять угол наклона мачты и сваи 10.

Универсальный рельсовый копер СП-69А (рис. 4.13) высотой 16 м предназначен для погружения вертикальных и наклонных свай дизель-молотами различных типов. Он обеспечивает двухрядное погружение свай с одной позиции. Основными узлами копра являются: ходовое 21 и опорно-поворотное 20 устройства; поворотная платформа 1 с опорными гидродомкратами 22, передняя 5 и задняя 3 стойки, ферма 8, мачта 12 с оголовком 13, гидроцилиндры 7 изменения вылета мачты, гидроцилиндры поперечного и продольного 6 ее наклона, однобарабанные лебедки 23 и 24 для подъема сваи и молота, противовес 2, кабина машиниста 4, гидрооборудование и насосная

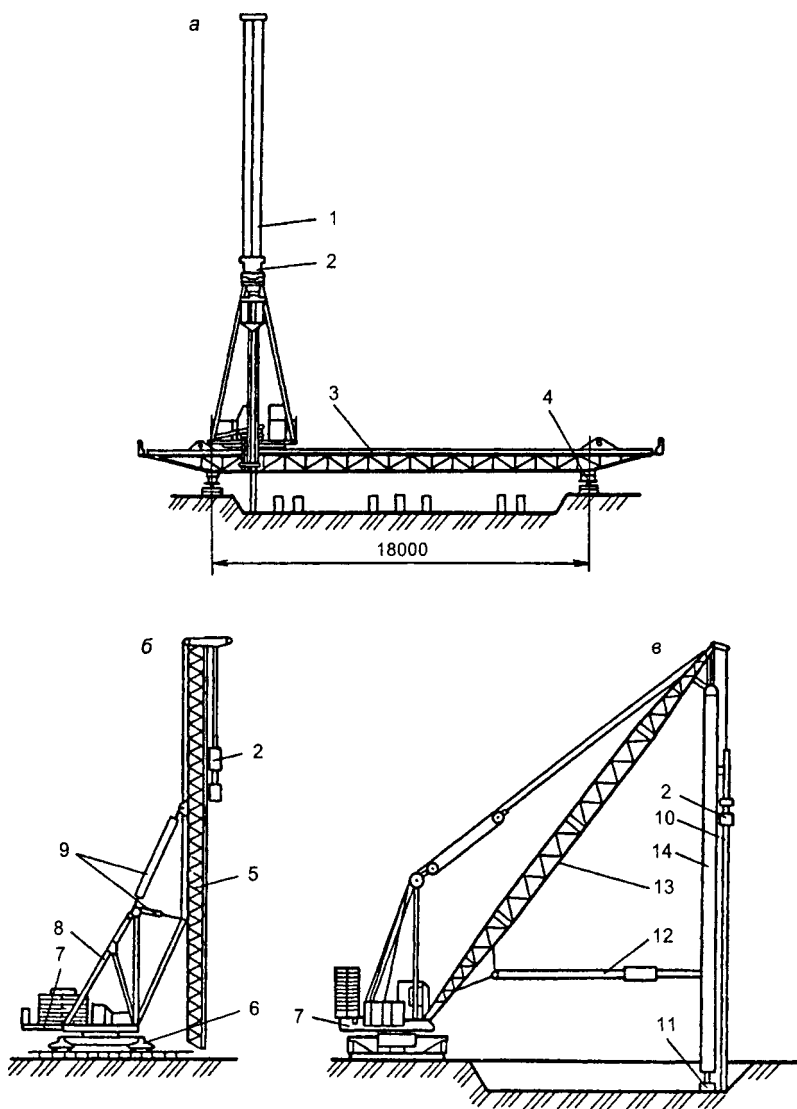


Рис. 4.12. Схемы свайных установок на рельсовом ходу:

а — установка мостового типа конструкции ЦНИИОМТП; *б* — универсальный полноповоротный копер СП-69А; *в* — установка на кране нулевого цикла

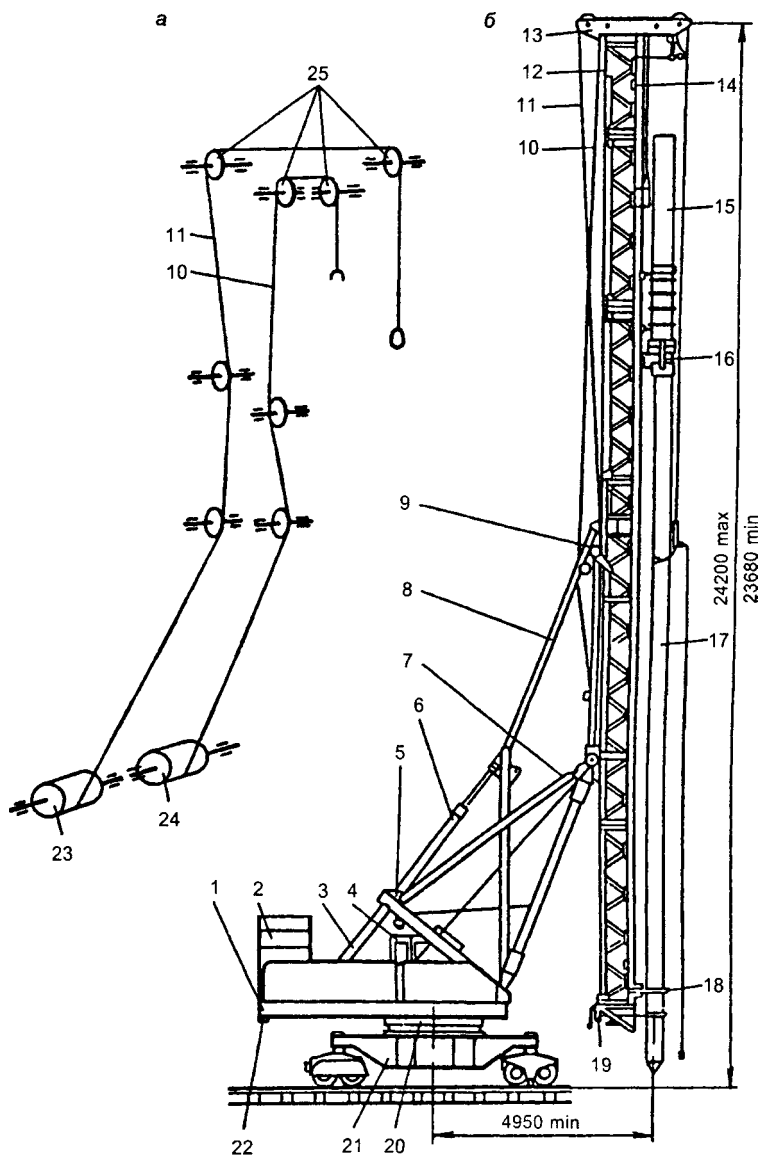


Рис. 4.13. Универсальный копер на рельсовом ходу СП-69А:

а — общий вид; б — схема запаски канатов

станция. Молот 15 и наголовник 16 движутся по направляющим мачты. Для подъема сваи 17 и молота, а также монтажа мачты и копра служат лебедки 23 и 24. Дизель-молот и свая подвешиваются на канатах 10 и 11, огибающих отводные блоки 25 головки мачты. Ограничение высоты подъема молота обеспечивается конечным выключателем 14. В нижней секции мачты предусмотрен складывающийся упор 18 для фиксации нижнего конца сваи и приспособление 19 для установки сваи по оси молота. На мачте установлены отклоняющие блоки и датчики усилий ограничителей 9 грузоподъемности.

Гидросистема копра включает гидроцилиндры выдвижения мачты, продольного наклона назад и вперед, поперечного выравнивания, привода дистанционного управления дизель-молотом и домкратами, гидромотор поворота, гидробак, распределители и насосную группу.

Один из примеров тракторного навесного копра (СП-49В) приведен на рис. 4.14.

Тракторная копровая установка СП-49В (рис. 4.14, а) включает базовый трактор 1, дизель-молот 10 с наголовником 11, несущую раму 4, подвижную раму 2, гидравлические полиспасты 6 для подъема молота и сваи, двухсекционную мачту 8 с оголовком 9 и направляющими для свайного молота, боковой 5 и задний 7 гидравлические раскосы, гидрооборудование 3, свайную стрелку 12 для установки свай под молот, упор 13, устройство 14 для подтаскивания свай. Навесное оборудование с гидравлическим приводом обеспечивает выполнение следующих операций: подтаскивание, подъем, установку на точку забивки и под молот сваи, наклоны мачты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, выдвижение мачты, подъем и опускание молота, опускание мачты в транспортное и подъем ее в рабочее положение.

Гидрополиспасты для подъема молота (рис. 4.14, б) и сваи (рис. 4.14, в) приводятся в действие гидроцилиндрами 17 и обеспечивают через десятикратную запасовку подъем сваи канатом 18 и молота канатом 19. Гидрополиспасты смонтированы на тракторе со стороны, противоположной молоту, и выполняют роль противовесов, придающих копру устойчивость.

Для наклонов мачты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, установки ее вертикально, независимо от неровностей и уклонов строительной площадки или котлована, а также перевода мачты из транспортного (горизонтального) положения в рабочее и наоборот служат одинаковые по конструкции боковой 5 и задний 7 гидравлические раскосы, состоящие соответственно из гидроцилиндров 13 и 16 и стоек.

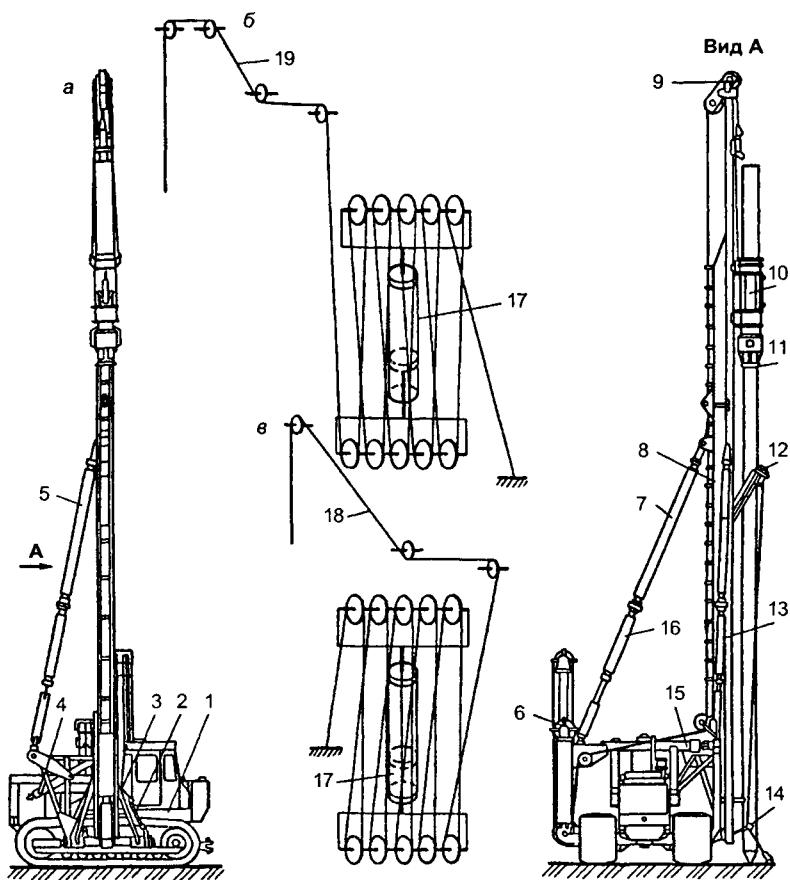


Рис. 4.14. Тракторный навесной копер СП-49В

Перемещение мачты в направлении, перпендикулярном продольной оси машины (на расстояние до 0,4 м), осуществляется при выдвижении подвижной рамы 2 гидроцилиндром 15, что позволяет достаточно точно без дополнительных маневров базовой машины наводить сваю на точку забивки без нарушения вертикальности мачты. На нижней секции мачты смонтированы выдвижная свайная стрелка 12, управляемая гидроцилиндром, упор 13 для наведения сваи на точку забивки и установлены отводные блоки каната подъема молота и сваи. С помощью стрелки с изменяемым вылетом заводят верхний

конец сваи в наголовник молота. Нижний конец сваи упором отталкивается от мачты, чтобы придать свае вертикальное положение. При забивке сваи стрелка гидроцилиндром убирается в нишу мачты. Гидроцилиндры копрового оборудования обслуживаются гидросистемой базовой машины. Пульт управления копровым оборудованием находится в кабине машиниста.

Навесное копровое оборудование на базе экскаваторов позволяет забивать несколько свай с одной стоянки экскаватора, что очень важно при погружении свай кустами и при двухрядном их расположении. Различают подвесные копровые мачты и сменное копровое оборудование к экскаваторам.

Сменное копровое оборудование к экскаваторам Э-652Б, Э-411В и Э-4112В (рис. 4.15) монтируется на решетчатой стреле 4 базового экскаватора 1 и включает дизель-молот 8 с наголовником 9, копровую мачту 11 с оголовком 6 и направляющими 12 для дизель-молота, устройство 10 для захвата и подъема сваи и заводки ее головки в наголовник, гидросистемы выравнивания мачты и гидрооборудование. Копровая мачта навешивается на стрелу экскаватора с помощью сферической опоры 5 и соединяется в нижней части со стрелой посредством двух гидроцилиндров 15 и штанги с шарниром 13 и механизмом 14 поворота копровой мачты вокруг вертикальной оси шарнира 13. При забивке свай копровая мачта устанавливается в вертикальное положение. Подъем и опускание дизель-молота осуществляются грузовым барабаном главной лебедки 2 экскаватора через двухкратный полиспаст 7. Подтаскивание свай обеспечивается канатом 16, запасованным на вспомогательный барабан лебедки. С помощью гидроцилиндров копра и стрелоподъемного полиспаста 3 производят перемещение и наклон копровой стрелы. Нижний торец копровой мачты оборудован опорным домкратом 17. Гидроцилиндры обслуживаются гидронасосом базового экскаватора.

Гидравлические копры (рис. 4.16) в последние годы постепенно вытесняют механические, т. е. канатные.

По сравнению с рассмотренными выше навесными копрами с дизель-молотами гидравлические копры имеют более высокие производительность, маневренность, транспортабельность и безопасность работы.

Гидравлический копер (см. рис. 4.16) базируется на гидравлическом экскаваторе 13 пятой размерной группы, на котором взамен экскавационного оборудования установлена решетчатая стрела 7 с гидроцилиндрами 12 подъема и опускания. На нее навешена копровая

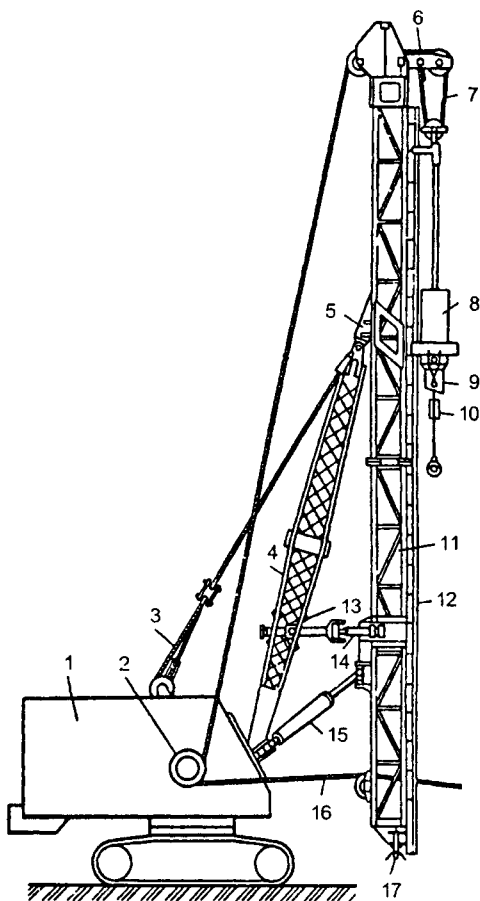
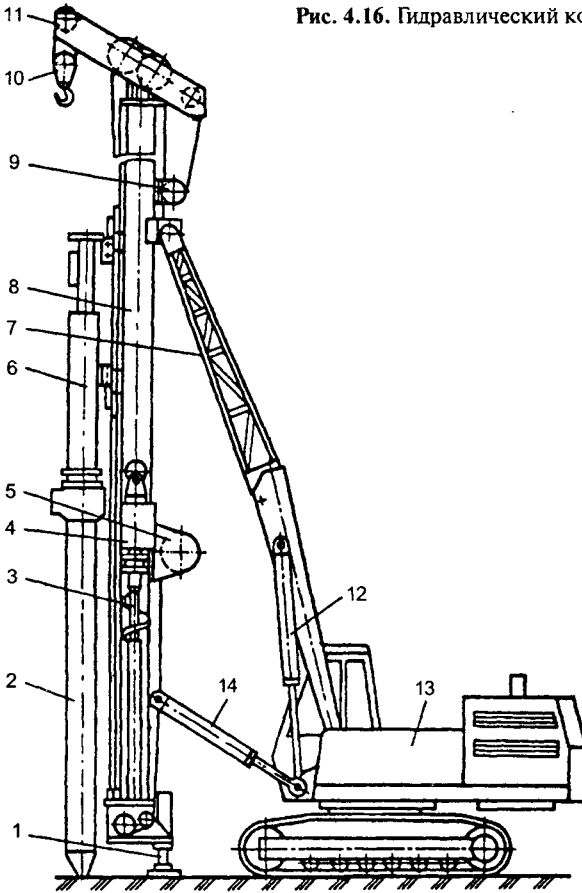


Рис. 4.15. Навесное копровое оборудование экскаваторов Э-652Б, Э-4111В и Э-4112

мачта 8 с оголовком 11 и нижней опорой 1. Подъем мачты в заданное положение обеспечивается гидроцилиндром 14.

На копровой мачте смонтированы: грузовая лебедка 9, крюковая подвеска 10, лебедка 5 для перемещения гидромолота 6, шнековый бур 3 с приводом 4 для бурения лидерных скважин под сваи 2 в прочных и мерзлых грунтах.

Рис. 4.16. Гидравлический копер



Устройство для скручивания (срезания) голов железобетонных свай СП-61А представляет собой сменное рабочее оборудование самоходных копровых установок и предназначено для удаления возвышающихся над проектной отметкой частей железобетонных свай (голов) или разрушения бетона их голов с одновременным оголением арматуры. Устройство работает на сваях сечением 30×30 и 35×35 см и состоит (рис. 4.17) из верхнего 8 и нижнего 7 захватов, левой 12 и правой 15 прижимных шек, двух откидных гидрозажимов 11 и 16, гидроцилиндров 6 и 10, насосной станции 5, гидрораспределителя 9, гибких рукавов 1, электроаппаратуры управления и ограждений 2 и 3.

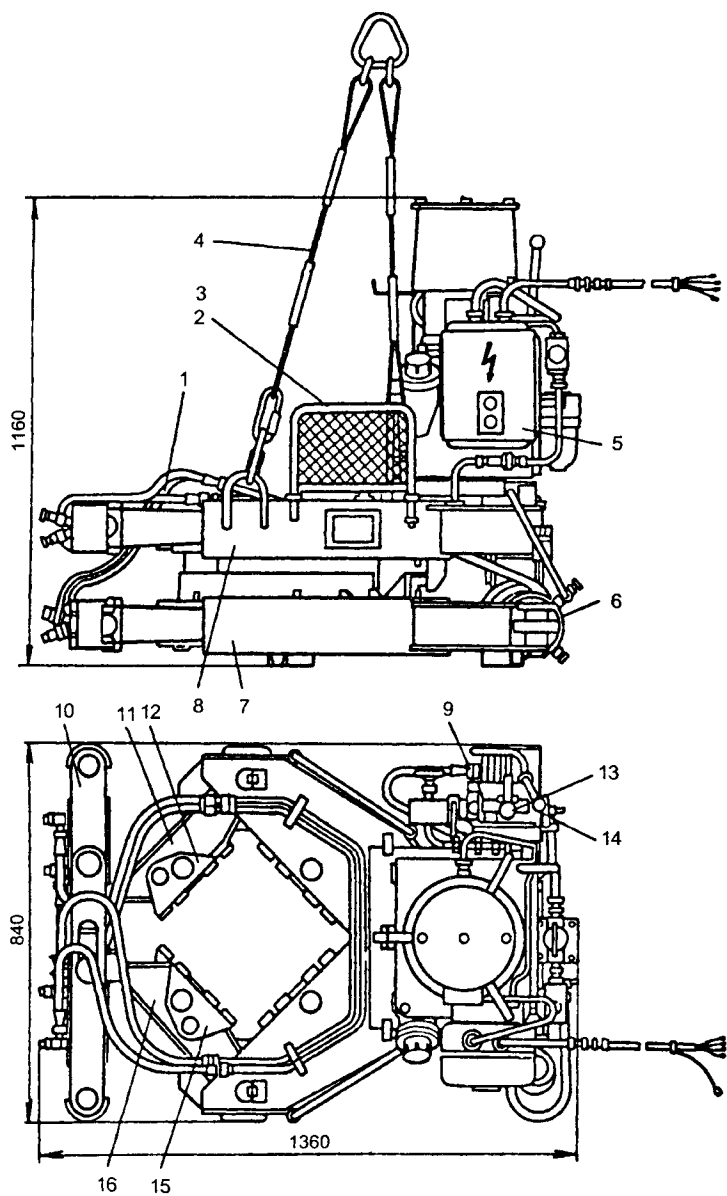


Рис. 4.17. Конструктивная схема устройства для скручивания свай СП-61А

Концы обоих захватов образуют полый цилиндрический шарнир, внутри которого установлены прижимные щеки 12 и 15, охватывающие сваю. Захваты фиксируются на свае гидравлическими зажимами 11 и 16. Два других конца захватов соединены между собой гидроцилиндром 10.

Скручивание сваи в заданной зоне осуществляется путем вращения захватов, действующих на сваю подобно двум гаечным ключам.

Этим устройством можно скручивать или срезать сваи размером 30×30 или 35×35 см в количестве до 120 свай в смену. Скручивание свай можно производить на высоте 0,18–0,8 м и 0,8–2,0 м от основания.

ГЛАВА 5. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

5.1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КРАНЫ

Краны представляют собой грузоподъемные машины циклического действия, предназначенные для перемещения грузов и конструкций в вертикальном и горизонтальном направлениях. В водопроводном строительстве широко применяют стреловые переносные, башенные и самоходные краны.

5.1.1. СТРЕЛОВЫЕ ПЕРЕНОСНЫЕ КРАНЫ

Характерными особенностями таких кранов являются небольшие масса и габаритные размеры, простота изготовления, удобство и надежность в эксплуатации, легкость монтажа, демонтажа и переноски. Различают переносные краны, прикрепляемые к конструкции здания, и свободно устанавливаемые на элементах зданий или на земле.

Прикрепляемый к конструкции здания консольно-балочный кран (рис. 5.1) предназначен для подъема и подачи внутрь здания через дверные и оконные проемы различных строительных материалов и деталей небольшой массы.

Кран состоит из вертикальной телескопической трубчатой стойки 5 с опорными башмаками 1 и 6, балочной стрелы 9 с грузовой кареткой 8, механизмов передвижения каретки и подъема груза. Телескопическая стойка 5 позволяет устанавливать кран в помещениях различной высоты. Она выполнена из двух секций: основной (непод-

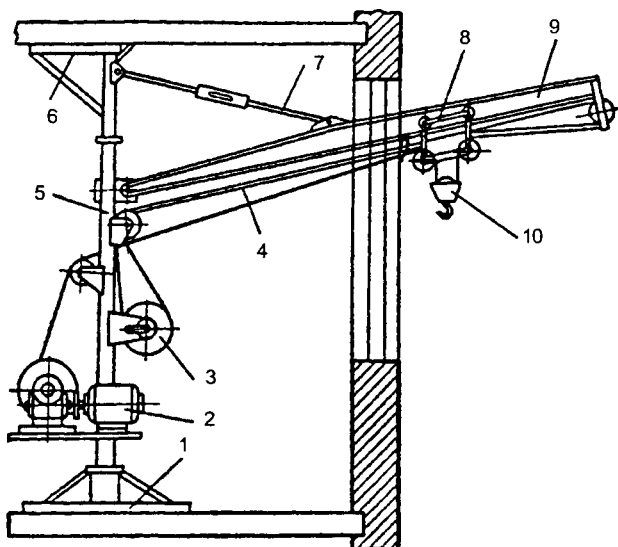


Рис. 5.1. Переносной легкий консольный кран

вижной) и выдвигной. К основной секции стойки шарнирно крепится балочная стрела, удерживаемая в рабочем положении жесткими тягами 7. По нижним полкам стрелы на опорных роликах передвигается грузовая каретка 8. Механизм передвижения каретки состоит из тягового каната 4, направляющих блоков и ручной лебедки 3. Тяговый канат, навиваемый на барабан лебедки, огибает направляющие блоки и двумя свободными концами крепится к каретке с противоположных сторон. Вращением рукоятки привода каретку перемещают вдоль стрелы.

Механизм подъема груза состоит из реверсивной червячной лебедки 2 с приборами управления, грузового каната и крюковой обоймы 10. Один конец грузового каната крепится на барабане лебедки, второй огибает блоки стойки, каретки, крюковой обоймы и закрепляется на головке стрелы.

Максимальная грузоподъемность консольно-балочных кранов 0,1–0,2 т, вылет стрелы до 3 м, канатоемкость барабана 40–70 м.

Стреловой полноповоротный переносной кран (рис. 5.2) применяют для подъема различных строительных материалов и оборудования на строящееся здание, а также для подъема грунта в бадьях при

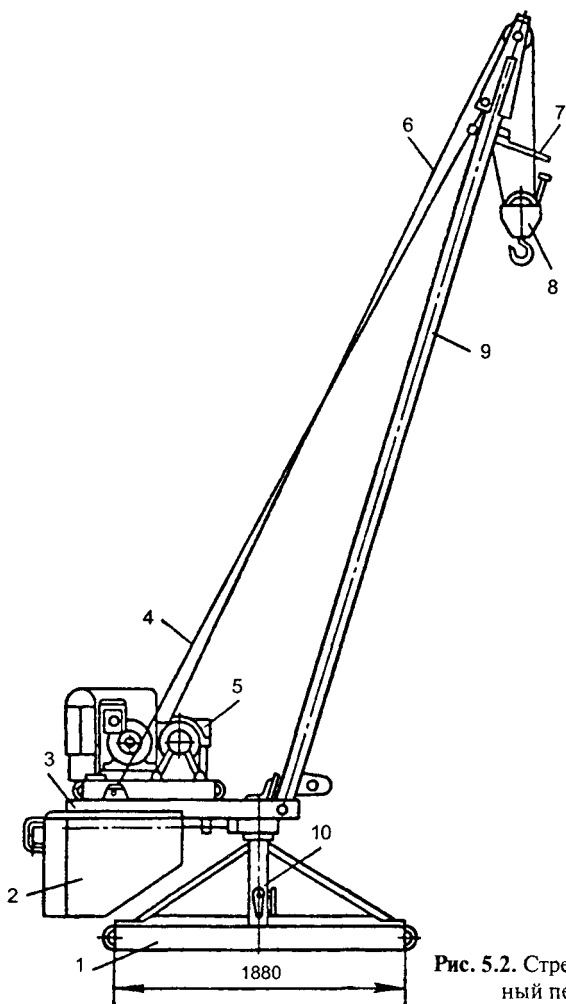


Рис. 5.2. Стреловой полноповоротный переносной кран

разработке небольших котлованов и траншей. Рабочие движения крана – подъем (опускание) груза и поворот стрелы с поднятым грузом в плане на 360° .

Кран состоит из основания с салазками 1, поворотной платформы 3, трубчатой стрелы 9, механизма подъема груза и системы управления. В центре основания установлен трубчатый стакан 10, в кото-

рый вставлен шкворень поворотной платформы. На консоли поворотной платформы размещены грузовая лебедка 5 и противовес 2. Спереди к поворотной платформе шарнирно крепится трубчатая стрела, удерживаемая в рабочем положении оттяжками 4. Изменение вылета стрелы производится путем изменения длины оттяжек. Механизм подъема груза состоит из реверсивной червячной лебедки 5 с приборами управления, грузового каната 6 и крюковой обоймы 8. Грузовой канат с барабана лебедки проходит через головной блок стрелы, блок крюковой обоймы и закрепляется на стреле. На головке стрелы установлен рычажный ограничитель 7 высоты подъема крюка, отключающий двигатель лебедки при подходе крюковой обоймы к крайнему верхнему положению. Поворот платформы и передвижение крана производят вручную.

Максимальная грузоподъемность передвижных полноповоротных кранов 0,5–1,0 т, наибольший вылет стрелы 3–4 м, наименьший – 2 м, высота подъема крюка 4, 5–6 м при установке на земле и 18–20 м при установке на здании.

5.1.2. БАШЕННЫЕ КРАНЫ

Краны имеют стрелу, закрепленную в верхней части вертикально расположенной башни. Их широко применяют в строительстве при выполнении различных строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. Башенные краны классифицируют: по способу установки – на передвижные (самоходные), стационарные (свободностоящие и приставные) и самоподъемные (опирающиеся на возводимое сооружение); по типу ходового устройства – на рельсовые, гусеничные, пневмоколесные и автомобильные; по конструкции башни – с поворотной (рис. 5.3, а) и неповоротной (рис. 5.3, б) башней; по типу стрелы – с подъемной (маневровой) стрелой (рис. 5.3, а) и балочной стрелой (рис. 5.3, б), по которой перемещается грузовая тележка.

Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменение вылета стрелы (крюка) с грузом, поворот стрелы в плане на 360°, передвижение самоходного крана. Отдельные операции могут быть совмещены, например, подъем груза с поворотом стрелы.

Основные параметры строительных башенных кранов регламентированы требованиями ГОСТ. К ним, в частности, относятся (рис. 5.3): вылет крюка L (расстояние от оси вращения поворотной части крана до центра зева крюка), грузоподъемность Q (масса наибольшего допускаемого груза для заданного вылета), высота подъема H и др.

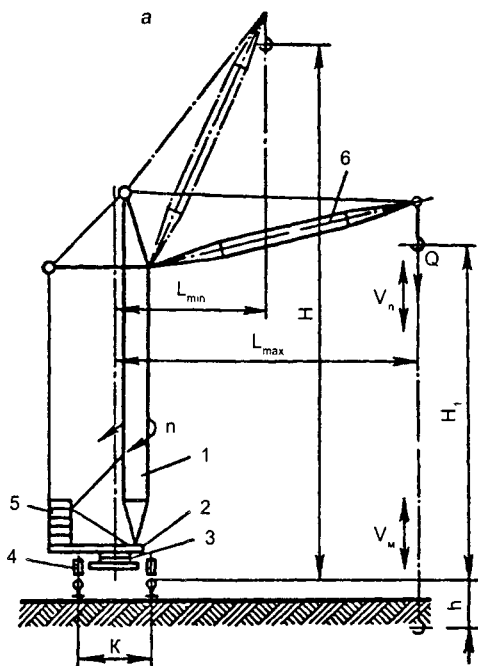
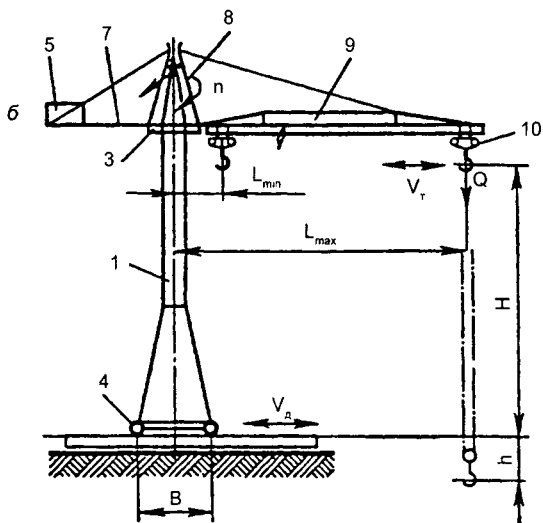


Рис. 5.3. Типы и параметры башенных кранов:

а — с поворотной башней, подъемной стрелой и нижним расположением противовеса; б — с неповоротной башней, балочной стрелой и верхним расположением противовеса; 1 — башня; 2 — поворотная платформа; 3 — опорно-поворотное устройство; 4 — ходовое устройство; 5 — противовес; 6 — подъемная стрела; 7 — консоль противовеса; 8 — поворотный оголовок; 9 — балочная стрела; 10 — грузовая тележка



Главным параметром башенных кранов является грузовой момент M (в тс·м; Н·м), представляющий собой произведение величины вылета и соответствующей ему грузоподъемности. Сейчас освоен выпуск типового ряда башенных кранов серии КБ, содержащего восемь базовых типоразмеров с грузовым моментом 25–1000 тс·м, вылетом 19–45 м, грузоподъемностью 3–50 т, высотой подъема 21–50 м. Краны серии КБ являются наиболее массовыми. Характерными конструктивными особенностями кранов типового ряда являются: использование электрического много моторного привода переменного тока с питанием от электросети напряжением 220/380 В; максимальное использование унифицированных узлов и механизмов; применение устройств для плавной посадки грузов с малой скоростью, плавного пуска и торможения механизмов и т.п.

Все краны серии КБ (кроме приставных) выполнены передвижными преимущественно на рельсовом ходу. Передвижные краны выпускают с поворотной и неповоротной башней, нижним и верхним расположением противовеса, с подъемной и балочной стрелой. К унифицированным узлам и механизмам кранов относятся грузовые и стреловые лебедки, механизмы поворота и передвижения, опорно-поворотные устройства, кабины, крюковые подвески и электрооборудование.

Рассмотрим конструкцию передвижного рельсового крана серии КБ (рис. 5.4) с поворотной башней и нижним расположением противовеса, оснащенного подъемной 4 или балочной 5 стрелой. Телескопическая решетчатая башня прямоугольного сечения опирается на поворотную платформу 1, вращающуюся относительно ходового устройства 14 с помощью опорно-поворотного устройства 13. Башня обеспечивает необходимую высоту подъема груза и состоит из неподвижной секции 10 (портала), прикрепляемой к поворотной платформе, и выдвигных секций 9. Рабочую высоту башни увеличивают подрашиванием выдвигной части снизу дополнительными секциями. Сбоку башни на кронштейнах устанавливается выносная переставная кабина 8, из которой ведется управление краном. К верхней секции башни шарнирно крепятся либо подъемная стрела 4, несущая на переднем конце грузовой полиспаст с крюковой подвеской 6, либо балочная стрела 5 с грузовой кареткой 7. Каждая стрела представляет собой сварную ферму из трубчатых элементов и удерживается в рабочем положении стреловым полиспастом 3. Изменение вылета подъемной стрелы осуществляется изменением угла ее наклона в вертикальной плоскости. У крана с балочной стрелой вылет изменяется путем передвижения грузовой тележки 7 с крюковой подвеской 6 по направляющим балкам стрелы.

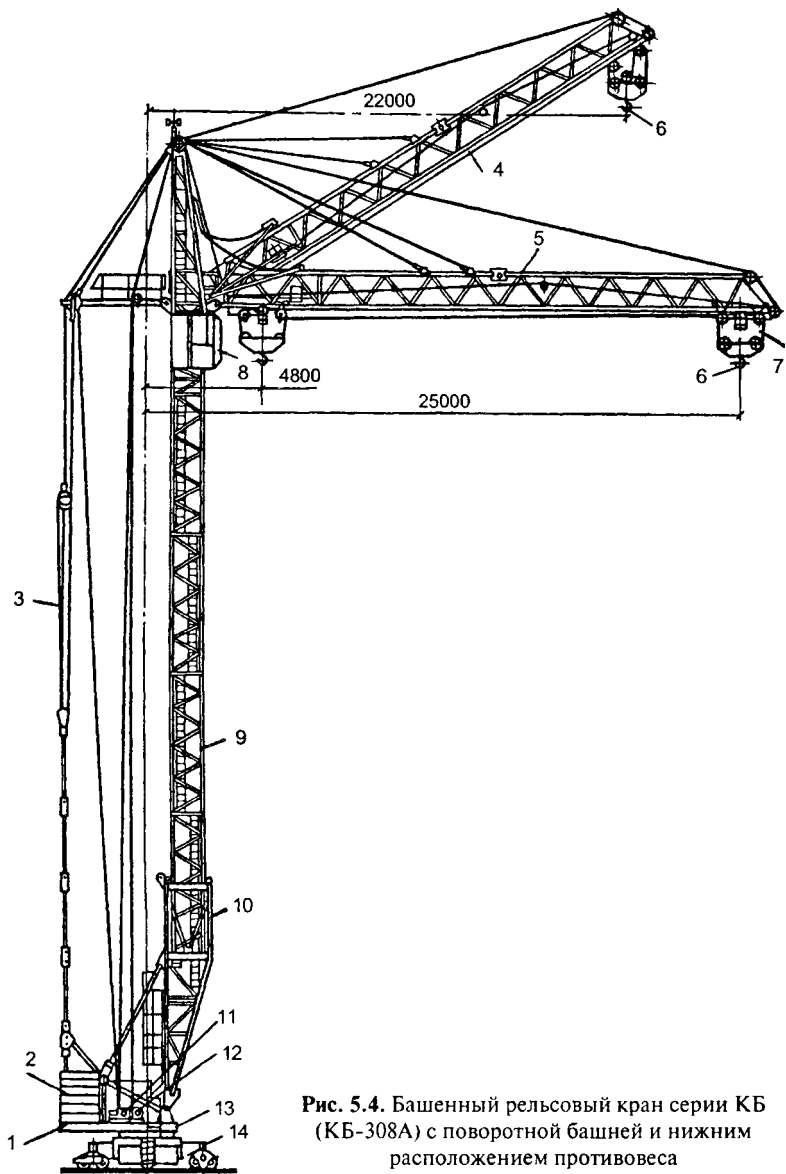


Рис. 5.4. Башенный рельсовый кран серии КБ (КБ-308А) с поворотной башней и нижним расположением противовеса

Башня шарнирно присоединена к передней части поворотной платформы и удерживается в вертикальном положении двумя подкосами, связанными с двуногой стойкой, жестко прикрепленной к платформе. На поворотной платформе установлены грузовая 12 и стреловая 11 реверсивные лебедки, механизм поворота, электрооборудование и железобетонные плиты противовеса 2. Грузовая лебедка обеспечивает подъем–опускание крюковой подвески 6 грузового полиспаста, стреловая – изменение угла наклона подъемной стрелы с помощью стрелового полиспаста 3.

Стреловой и грузовой полиспасты представляют собой соединенную систему, при которой один конец грузового каната закрепляется на барабане грузовой лебедки, а другой – на барабане стреловой лебедки, встречно стреловому канату. При такой запасовке канатов достигается горизонтальное движение груза при изменении вылета стрелы, так как в процессе наматывания стрелового каната на барабан лебедки грузовой канат с него сматывается и наоборот.

Передвижение грузовой тележки вдоль балочной стрелы обеспечивается специальной тележечной лебедкой, установленной в основании или промежуточных секциях стрелы.

Грузовая и стреловая лебедки выполнены по единой конструктивной схеме, имеют моноблочную конструкцию и состоят из фланцевого электродвигателя, цилиндрического редуктора, на выходном валу которого жестко закреплен барабан с винтовыми канавками для укладки первого слоя каната. Лебедки оборудуются колодочными тормозами с электрогидравлическими толкателями. Для получения пониженных скоростей при плавной посадке грузов (до 1,25–2,5 м/мин) в приводе грузовой лебедки используют тормозную машину – генератор, который устанавливают на быстроходном валу редуктора.

Поворотная платформа опирается на раму ходового устройства. Через опорно-поворотный круг на ходовое устройство передаются нагрузки, действующие на рабочее оборудование крана при работе (грузовой момент, вертикальные и горизонтальные силы), а также масса поворотной части машины.

Опорно-поворотные устройства кранов серии КБ унифицированы с кругами стреловых самоходных кранов, экскаваторов, погрузчиков и других строительных машин.

Ходовая рама соединена с четырьмя поворотными диагонально расположенными консолями (флюгерами), опирающимися на четыре ходовые балансирные тележки механизма передвижения. Две тележки выполняются ведущими и располагаются обычно на одном рельсе. Приводной блок ведущей тележки включает фланцевый

электродвигатель, колодочный тормоз с электрогидравлическим толкателем и червячный (глобоидный) редуктор. На выходном валу редуктора жестко закреплена центральная шестерня, приводящая во вращение шестерни ведущих ходовых колес.

Краны серии КБ оборудованы ограничителями грузоподъемности, вылета стрелы, высоты подъема крюковой подвески, вращения поворотной платформы и передвижения крана, которые при необходимости автоматически отключают приводы соответствующих механизмов крана, предотвращая возможность аварии.

Ниже рассмотрим некоторые примеры применяемых башенных кранов различной грузоподъемности и высоты подъема.

Кран КБ-504 (рис. 5.5) грузоподъемностью 10 т с балочной стрелой выпускается в трех исполнениях по величине вылета крюка 35, 40 и 45 м. Наибольшая грузоподъемность обеспечивается на вылетах 20, 25 и 28 м. Стрела может устанавливаться под углом 30° и по ней передвигается грузовая тележка при сохранении горизонтального перемещения груза. Башня крана – секционная, что позволяет по мере возведения здания изменять ее высоту путем подращивания снизу. Высота подъема при наибольшем вылете – 60 м, а при наклонной стреле – до 80 м, при наклонной стреле и наибольшей грузоподъемности – до 72 м. Кран оснащен подъемником для машиниста.

Привод грузовой лебедки осуществляется от генератора постоянного тока. В механизме поворота предусмотрена возможность плавного торможения и разгона за счет поочередного наложения и растормаживания двух колодок тормоза.

Ходовая часть крана состоит из четырех трехколесных тележек, из которых все ведущие, балансирные для равномерной передачи усилий на все колеса. Кран оснащен приборами безопасности, в том числе ограничителем выдвижения башни, анемометром.

Кран монтируется и демонтируется с помощью собственных механизмов и стрелового крана грузоподъемностью 16–40 т в зависимости от степени разборки. Перевозится кран в собранном виде на пяти подкатных четырехколесных тележках на буксире к тягачу МАЗ-537 или КраЗ-255Б.

Кран 674А (рис. 5.6) грузоподъемностью 12,5 т, а аналогичный по конструкции кран КБ-676 имеет грузоподъемность 25 т. Оба крана с балочной стрелой, неповоротной башней, передвижные. Кроме того, кран КБ-676 (исполнения 2 и 3) может быть приставным с высотой подъема 120 м. Передвижные краны отличаются большими вылетами крюка до 50–66 м и высотой подъема 71–83 м.

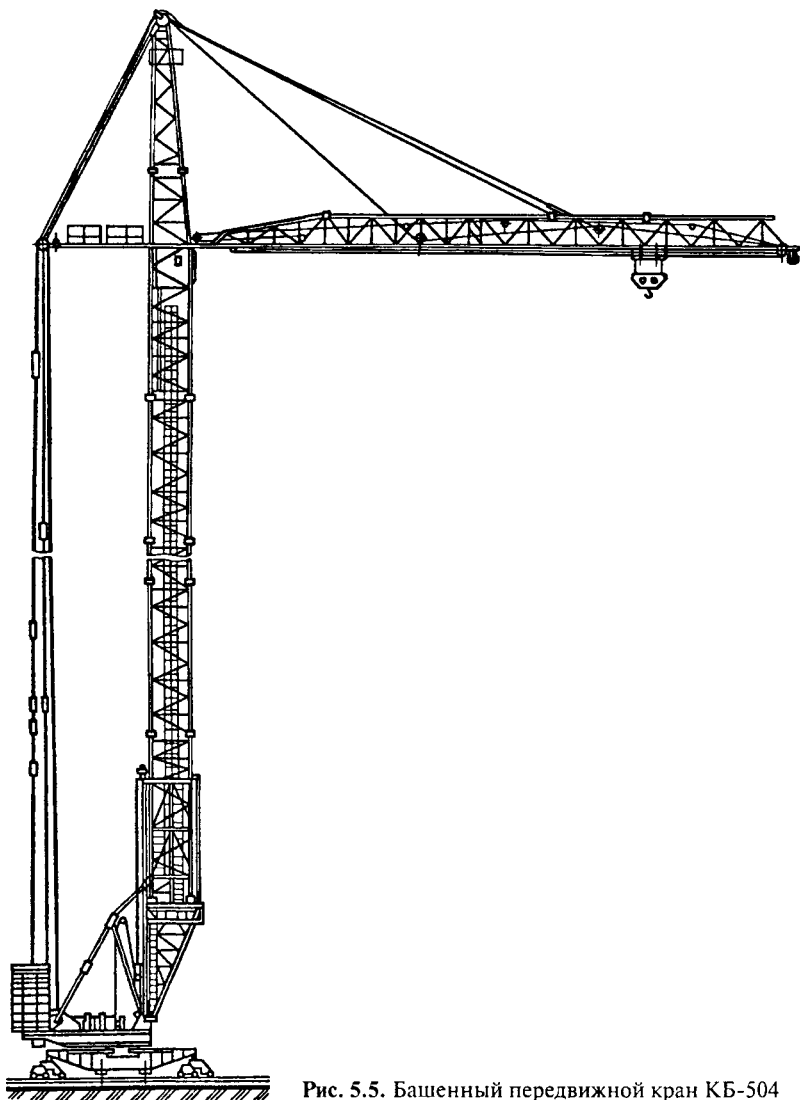


Рис. 5.5. Башенный передвижной кран КБ-504

Краны имеют унифицированные башни, стрелы, монтажные стойки, механизмы. Они оснащены подъемниками для машиниста, смонтированными внутри башни.

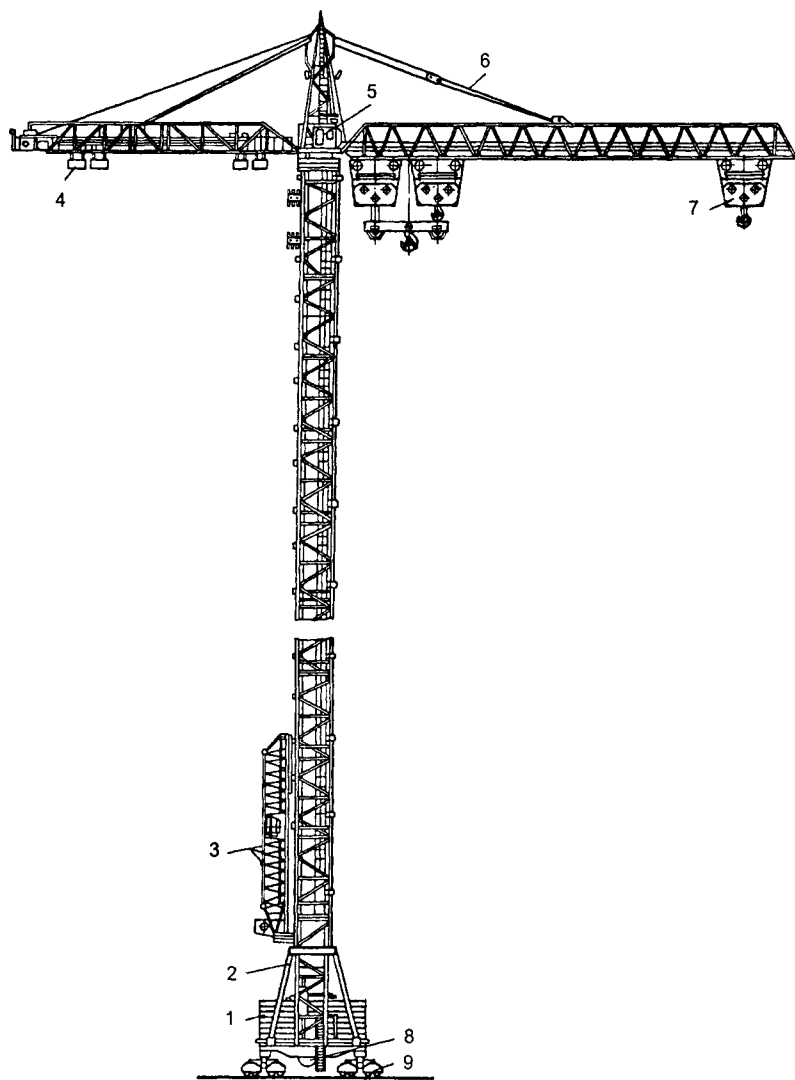


Рис. 5.6. Башенный передвижной кран КБ-674А:

1 — балласт; 2 — подкосы; 3 — монтажная мачта; 4 — подвижной противовес;
 5 — кабина управления; 6 — тяги стрелы; 7 — крюковая подвеска; 8 — кабель-
 ный барабан; 9 — ходовые тележки

Ходовая рама опирается на четыре сдвоенные приводные тележки. С помощью сменных секций башен длиной 6 м можно получить в кране КБ-674А 13 исполнений (завод выпускает 6 исполнений), а в кране КБ-676 – 3 исполнения.

На верху башни на поворотной раме установлена кабина машиниста и аппаратная кабина. Конструкция грузовых тележек различная, рассчитанная на 12,5 и 25 т с числом грузовых блоков соответственно 2 и 3. На противовесной консоли установлены две тележки с противовесом, перемещаемые отдельной лебедкой, и грузовая лебедка. На конце консоли смонтировано приспособление для спуска и подъема грузовой лебедки при ее ремонте.

Нарращивание башни кранов осуществляется монтажной стойкой, где имеются две лебедки – для подъема самой стойки по башне и для подъема секций башни. При наращивании башни крана КБ-676 между секциями закрепляют рамы, с которыми при достижении определенной высоты соединяются настенные опоры. В кране при высоте 49, 72, 88 и 97 м устанавливаются соответственно 1, 2 и 3 настенных опоры.

5.1.3. БАШЕННЫЕ ПРИСТАВНЫЕ КРАНЫ

Поскольку башенные передвижные краны при наибольшем вылете крюка имеют высоту подъема не более 70 м, то при необходимости подъема грузов на большую высоту используют приставные башенные краны, способные обслуживать возведение высотных многоэтажных зданий высотой до 150 м. Разработаны конструкции универсальных башенных кранов, которые до 70 м опираются на ходовые рельсовые тележки и являются свободностоящими, а выше – становятся приставными с прикреплением к стенам возводимого здания.

Приставные стационарные краны опираются на рамы, которые закрепляются на монолитном фундаменте, или на ходовые тележки и рельсовый путь (краны универсальные).

Схема приставного крана КБ-573 показана на рис. 5.7. Этот приставной кран грузоподъемностью 10 т имеет балочную стрелу и секционную башню, которые позволяют получить исполнения по высоте 80, 108 и 150 м и по вылету крюка 30 и 40 м. Между секциями башни в местах присоединения связей крепления к зданию предусмотрены специальные рамы. Связи крепления шарнирно соединяются с рамами, вмонтированными в башню. Эти связи пропускают через оконные проемы и закрепляют за стены или колонны здания.

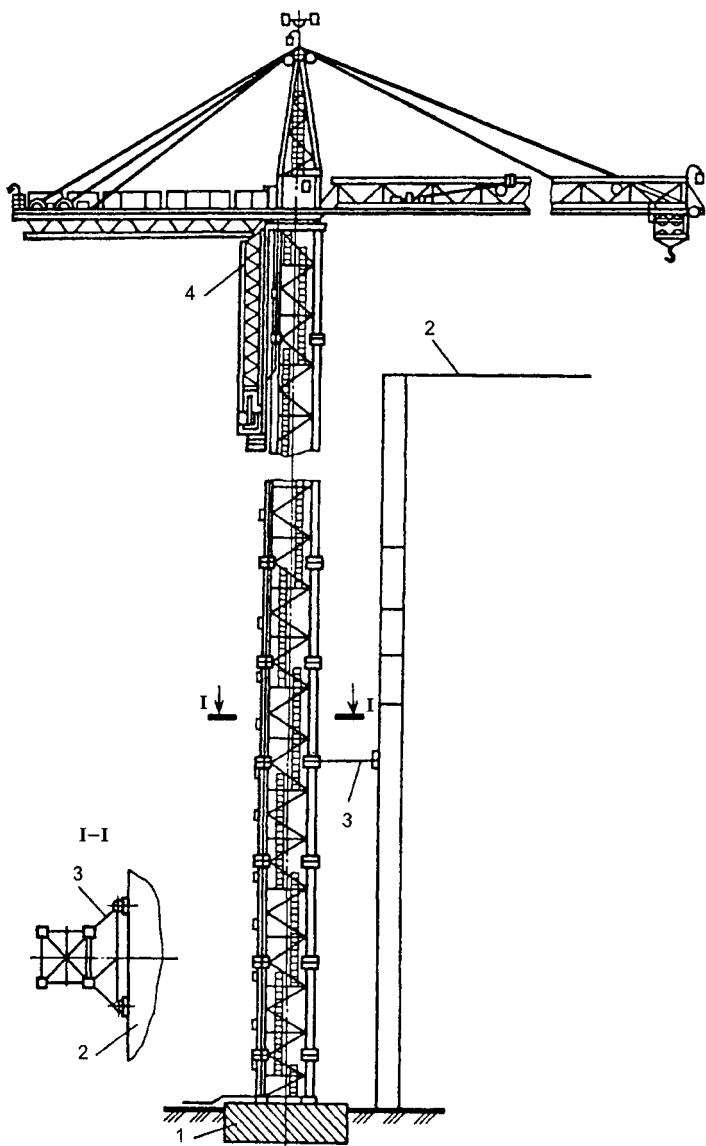


Рис. 5.7. Башенный приставной кран КБ-573:

1 — фундамент; 2 — здание; 3 — настенные опоры; 4 — монтажная мачта

5.1.4. СТРЕЛОВЫЕ МОБИЛЬНЫЕ КРАНЫ

Они представляют собой стреловое или башенно-стреловое крановое оборудование, смонтированное на самоходном гусеничном или пневмоколесном шасси.

Различают стреловые самоходные краны общего назначения для строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ и специальные для выполнения технологических операций определенного вида (краны-трубоукладчики, железнодорожные, плавучие краны и т.п.).

Краны общего назначения классифицируют: по грузоподъемности – на легкие (грузоподъемностью до 10 т), средние (грузоподъемностью 10–25 т) и тяжелые (грузоподъемностью от 25 т и более); по типу ходового устройства – на гусеничные, пневмоколесные, тракторные (навесные на серийные тракторы), на базе стандартного или специального шасси автомобильного типа; по виду привода – с одномоторным (механическим) и многомоторным (дизель-электрическим или гидравлическим) приводом; по способу подвески стрелового оборудования – с гибкой подвеской при помощи канатных полиспастов и с жесткой подвеской при помощи гидравлических цилиндров.

Основные параметры стреловых самоходных кранов охватывают девять размерных групп их грузоподъемностью 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 т и более.

Для обозначения стреловых самоходных кранов введена система индексации, первые две буквы которой КС обозначают кран самоходный, четыре основные цифры индекса последовательно обозначают: размерную группу (грузоподъемность в т) крана, тип ходового устройства, способ подвески стрелового оборудования и порядковый номер данной модели крана.

Девять размерных групп кранов обозначаются соответственно цифрами с 1 по 9. Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 6, причем цифра 1 обозначает гусеничное устройство, 2 – гусеничное уширенное, 3 – пневмоколесное, 4 – специальное шасси автомобильного типа, 5 – шасси стандартного грузового автомобиля, 6 – шасси серийного трактора. Способ подвески стрелового оборудования указывается цифрами 6 или 7, обозначающими соответственно гибкую или жесткую подвески. Последняя цифра индекса (цифры с 1 по 9) обозначает порядковый номер модели крана. Следующая после цифрового индекса дополнительная буква (А, Б, В и т. д.) обозначает порядковую модернизацию данного крана, последующие буквы (ХЛ, Т или ТВ) – вид специального климатического исполнения

машины: ХЛ – северное, Т – тропическое, ТВ – для работы во влажных тропиках. Например, индекс КС-2561ЕТ обозначает: стреловой самоходный кран второй размерной группы (грузоподъемностью 6,3 т) на шасси стандартного автомобиля, с гибкой подвеской стрелового оборудования, первой модели, прошедшей шестую модернизацию, в тропическом исполнении.

Стреловой самоходный кран (рис. 5.8 и 5.9) состоит из следующих основных частей: ходового устройства, поворотной платформы (с размещенными на ней силовой установкой, узлами привода, механизмами и кабиной машиниста с пультом управления), опорно-поворотного устройства и сменного рабочего оборудования. Исполнительными механизмами кранов являются: механизм подъема груза, изменения вылета крюка, вращения поворотной платформы и передвижения крана.

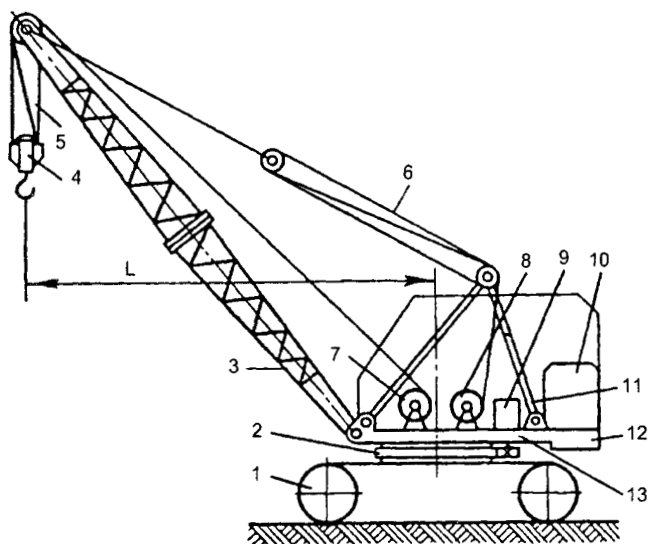


Рис. 5.8. Схема гусеничного крана с гибкой подвеской стрелового оборудования:

1 — гусеничное ходовое устройство; 2 — опорно-поворотное устройство; 3 — решетчатая стрела; 4 — крюковая подвеска; 5 — грузовой полиспаст; 6 — стрелоподъемный полиспаст; 7 — грузовая лебедка; 8 — стрелоподъемная лебедка; 9 — поворотный механизм; 10 — силовая установка; 11 — двуногая стойка; 12 — противовес; 13 — поворотная платформа

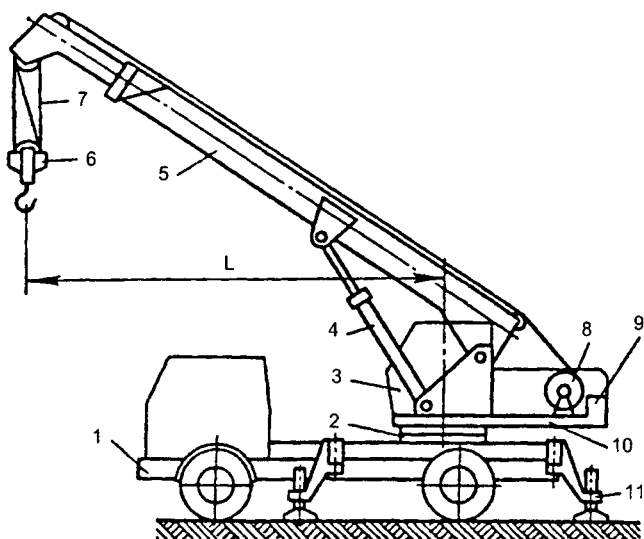


Рис. 5.9. Схема крана на пневмоколесном шасси с жесткой подвеской стрелового оборудования:

1 — пневмоколесное шасси; 2 — опорно-поворотное устройство; 3 — кабина машиниста; 4 — гидроцилиндр подъема стрелы; 5 — телескопическая стрела; 6 — крюковая подвеска; 7 — грузовой полиспаст; 8 — грузовая лебедка; 9 — противовес; 10 — поворотная платформа; 11 — выносная опора

Ходовые устройства пневмоколесных кранов снабжаются выносными опорами — аутригерами 11 (рис. 5.9) в виде поворотных (откидных) или выдвижных кронштейнов с опорными винтовыми или гидравлическими домкратами. Аутригеры снижают нагрузки на пневмоколеса, увеличивают опорную базу и устойчивость крана. При работе без таких выносных опор грузоподъемность крана резко снижается и составляет 40–50 % от номинальной.

На кранах устанавливают стреловое и башенно-стреловое оборудование. Основными видами стрелового оборудования являются жесткая (невыводимая) решетчатая стрела (рис. 5.8), выдвижная и телескопическая стрелы (рис. 5.9) с одной или несколькими выдвижными секциями для изменения их длины. Длину выдвижных стрел можно изменять только в нерабочем состоянии крана, телескопических — при действующей рабочей нагрузке. Основное стреловое оборудование обеспечивает наибольшую грузоподъемность

крана при требуемых вылете от ребра опрокидывания и высоте подъема крюка. Наибольшая грузоподъемность соответствует наименьшему вылету крюка. С увеличением вылета грузоподъемность уменьшается. Зависимость грузоподъемности и высоты подъема груза от вылета крюка изображается графически в виде кривых, которые даются в паспортах кранов. Пользуясь такими графиками, можно определить грузоподъемность и высоту подъема крюка для любого вылета стрелы. К сменному оборудованию относят удлиненные дополнительными вставками (секциями) жесткие и выдвижные стрелы, с применением которых увеличивается зона, обслуживаемая краном, но соответственно снижается грузоподъемность.

В комплект стрелового оборудования входят также стреловой полиспасть или гидроцилиндры для изменения угла наклона стрелы и крюковая подвеска с грузовым полиспастом для подъема и опускания груза. Для увеличения вылета крюка и полезного подстрелового пространства удлиненные сменные стрелы оснащают дополнительными устройствами – гуськами, которые могут иметь второй (вспомогательный) крюк, подвешиваемый на полиспасте малой кратности и предназначенный для подъема с большей скоростью небольших по массе грузов.

У некоторых моделей кранов на основных жестких стрелах взамен крюка может навешиваться двухчелюстной грейферный ковш (грейфер) для погрузки-разгрузки сыпучих и мелкокусковых материалов. Подъем основного груза или замыкание челюстей грейферного ковша производится главной грузовой лебедкой. Подъем-опускание крюковой подвески гуська и грейфера осуществляется вспомогательной грузовой лебедкой.

Башенно-стреловое оборудование кранов состоит из башни, управляемого гуська или маневровой стрелы, стрелового полиспаста и грузового полиспаста с крюковой подвеской. Такое оборудование по сравнению со стреловым обеспечивает увеличение обслуживаемой зоны примерно в два раза.

Стреловое и башенно-стреловое оборудование вместе с главной грузовой, вспомогательной и стреловой лебедками, механизмом вращения поворотной части крана, узлами их привода и управления обычно монтируется на поворотной платформе. Для уравнивания крана во время работы на поворотной платформе устанавливают противовес. У кранов с гибкой подвеской стрелового оборудования (см. рис. 5.8) на поворотной платформе смонтирована двуногая опорная стойка, несущая стреловой полиспасть. Краны с жесткой подвеской стрелового оборудо-

вания (см. рис. 5.9) не имеют такой двуногой стойки, стреловых лебедок и полиспаста: подъем-опускание стрелы у таких машин осуществляется одним или двумя гидроцилиндрами. Поворотная платформа соединена с рамой ходового устройства унифицированным опорно-поворотным кругом.

Привод исполнительных механизмов кранов с одномоторным (механическим) приводом осуществляется от дизельного или электрического двигателя через механическую трансмиссию.

Недостатками кранов с механическим приводом являются невозможность бесступенчатого и плавного регулирования скоростей исполнительных механизмов, отсутствие низких «посадочных» скоростей опускания груза, необходимых при ведении монтажных работ. Выпуск кранов с одномоторным приводом постоянно сокращается, и они будут заменены машинами с многомоторным приводом.

Многомоторный привод обеспечивает бесступенчатое регулирование рабочих скоростей механизмов в широком диапазоне, получение монтажных скоростей перемещения груза, упрощает кинематику кранов, улучшает технико-эксплуатационные показатели машин и т.п. У кранов с многомоторным приводом исполнительные механизмы приводятся индивидуальными электрическими или гидравлическими двигателями, питание которых осуществляется от внешней силовой сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц, от генераторных установок или аксиально-поршневых гидронасосов, приводимых в действие основным двигателем машины (обычно дизелем).

5.1.4.1. ПНЕВМОКОЛЕСНЫЕ КРАНЫ

Такие краны на специальном шасси чаще всего используются для выполнения монтажных и погрузочно-разгрузочных работ на рассредоточенных объектах, расположенных друг от друга на небольших расстояниях, которые краны при перебазировках обычно преодолевают своим ходом. Промышленностью серийно выпускаются пневмоколесные краны с механическим приводом грузоподъемностью 16 т и с дизель-электрическим приводом грузоподъемностью 16, 25, 40, 63 и 100 т. Осваивается серийное производство дизель-электрического крана грузоподъемностью 160 т.

Ходовые устройства кранов имеют от двух до четырех (в зависимости от грузоподъемности) мостов, каждый из которых оборудован двумя или четырьмя пневмоколесами. Поворот управляемых колес передних мостов осуществляется с помощью гидроцилиндров. Привод ведущих мостов пневмоколесных одномоторных кранов

осуществляется через механическую трансмиссию от основного двигателя машины. Рама пневмоколесных кранов снабжается четырьмя выносными опорами, которые устанавливают вручную у машин грузоподъемностью 16 т и с помощью гидропривода у кранов большей грузоподъемности.

Пневмоколесные краны оборудуются жесткими решетчатыми стрелами длиной до 15 м (основное оборудование), удлиненными прямыми стрелами длиной до 45 м, удлиненными стрелами с гуськами длиной до 12 м (краны грузоподъемностью 16, 25, 40 т), башенно-стреловым оборудованием со стрелами 10–20 м и длиной башни 15–45 м (краны грузоподъемностью 25, 40, 63 и 100 т). Основное и сменное рабочее оборудование пневмоколесных кранов грузоподъемностью 25, 40 и 63 показано на рис. 5.10. Каждый вид рабочего оборудования обеспечивает определенную грузоподъемность, вылет и высоту подъема крюка.

На рис. 5.11 в качестве примера приведены графики грузоподъемности и высоты подъема крюка дизель-электрического крана грузоподъемностью 16 т (КС-4362) с различными видами рабочего оборудования при работе на выносных опорах и без них.

Пневмоколесные краны могут передвигаться вместе с грузом со скоростью до 5 км/ч и при этом грузоподъемность составляет не более 25–30 % от номинальной. Транспортная скорость передвижения кранов не превышает 18 км/ч. Краны оборудуются силовыми установками мощностью от 60 до 180 л. с. (от 44 до 132 кВт), имеют рабочую массу 2–98 т.

Ниже рассмотрим примеры некоторых из применяемых пневмоколесных кранов.

Кран КС-5363В (рис. 5.12) грузоподъемностью 36 т, электрический, на постоянном токе. Кран на двухосном ходовом устройстве с двумя ведущими мостами. Он представляет собой дальнейшее усовершенствование крана КС-5363Б. Кран оснащен удлиненными стрелами (17,5–32,5 м) с шагом 2,5 м, на которые устанавливаются неуправляемые и управляемые гуськи длиной 10 и 15 м. К нему также предусмотрено башенно-стреловое оборудование башни длиной 15, 20 и 32,5 м и управляемые гуськи длиной 10, 15 и 20 м. На основную стрелу может быть навешен двухканатный грейфер вместимостью 2 м³. Грузовой канат закреплен своими концами на барабанах двух лебедок. В кране имеется устройство повышения грузоподъемностью с 25 до 40 т за счет дополнительного противовеса, который удерживается на канатах, закрепленных на двуногой стойке и на выносной рамке.

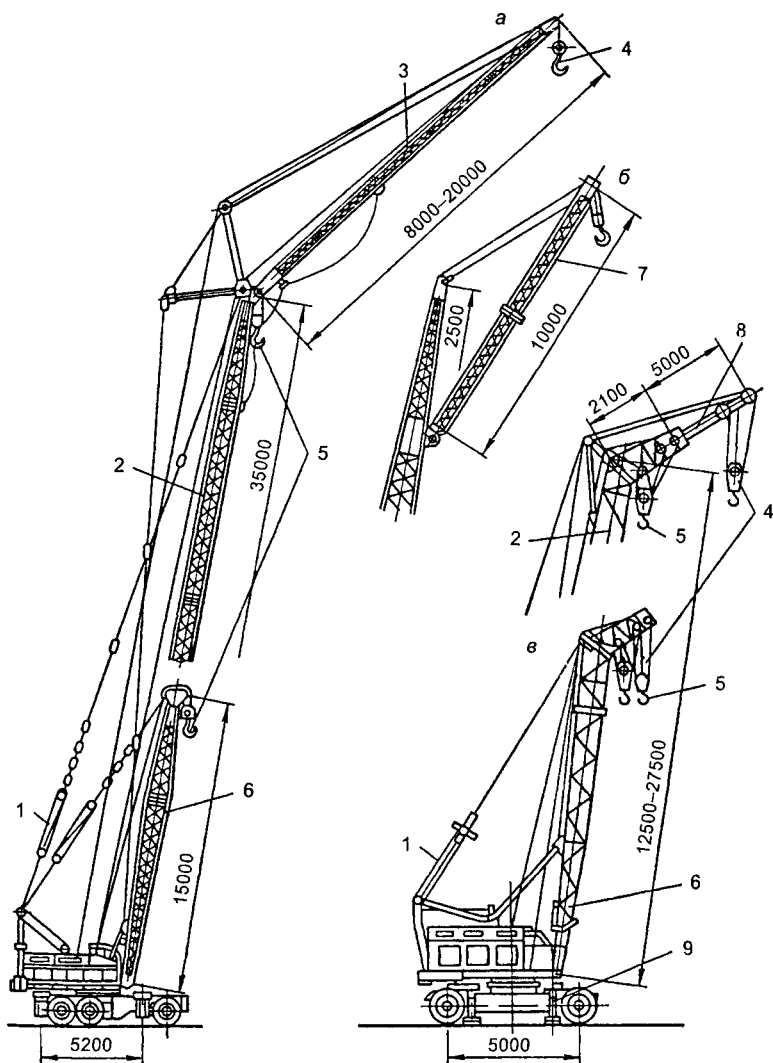


Рис. 5.10. Виды рабочего оборудования пневмоколесных кранов:

а — грузоподъемностью 40 т; б — то же, 63 т; в — то же, 25 т; 1 — стреловой полиспаст; 2, 6 — удлиненная и основная решетчатая стрелы; 3, 8 — гуськи; 4, 5 — вспомогательная и основная крюковые подвески; 7 — маневровая стрела; 9 — выносные опоры

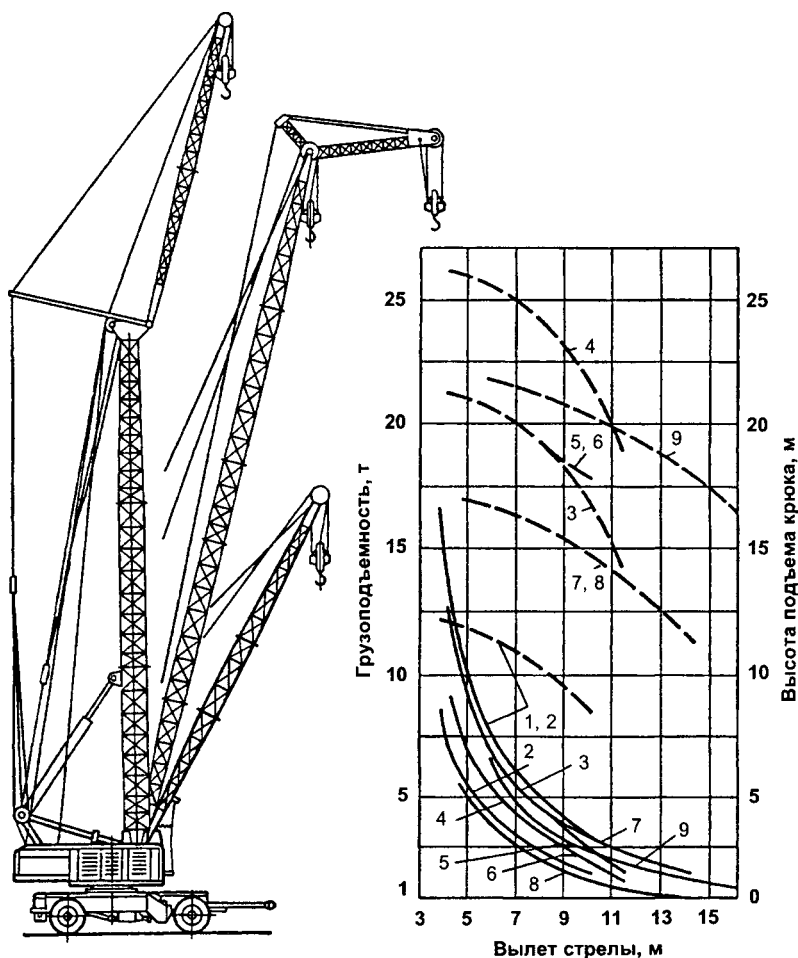


Рис. 5.11. Общий вид, графики грузоподъемности (—) и высоты подъема крюка (---) пневмоколесного дизель-электрического крана грузоподъемностью 16 т:

1 — при основной стреле на выносных опорах; 2 — то же, без выносных опор; 3 — при башенно-стреловом оборудовании с высотой башни 11,6 м; 4 — то же, с высотой башни 16,6 м; 5 — при удлиненной стреле длиной 17,5 м с гуськом; 6 — то же, при стреле длиной 22,5 м; 7 — при удлиненной стреле длиной 17,5 м на выносных опорах; 8 — то же, без выносных опор; 9 — при удлиненной стреле длиной 22,5 м

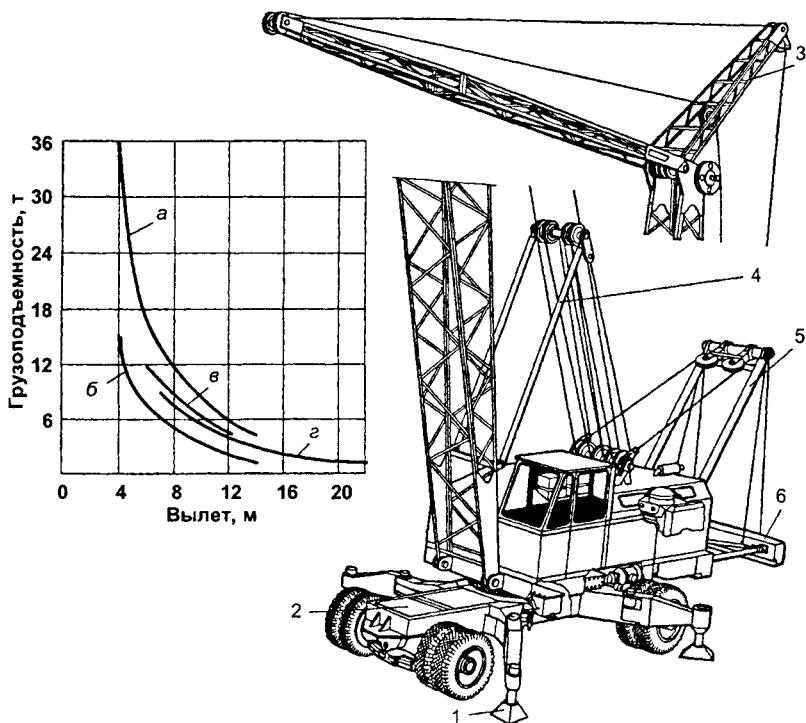


Рис. 5.12. Пневмоколесный кран КС-5363В и его грузовые характеристики:

1 — выносная опора; 2 — шасси; 3 — гусек; 4 — стойка; 5 — монтажная стойка; 6 — дополнительный выдвижной противовес; а — стрела 15 м на опорах; б — без опор; в — 30 м на опорах; г — 30 м с управляемым гуськом на опорах

Кран МКП-25А (рис. 5.13, а) грузоподъемностью 25 т, электрический на постоянном токе от собственной силовой установки или от внешней электросети. Основная стрела 14,1 м с помощью сменных секций (длиной 3 и 5 м) может быть удлинена до 19,1; 22,1; 27,1; 30,1 и 35,1 м. На каждой стреле может быть установлен неуправляемый гусек длиной 5 м. Кран, кроме того, снабжен специальной укороченной стрелой 6,1 м для работы в стесненных условиях.

Шасси оборудовано двумя управляемыми приводными от электродвигателей постоянного тока мостами. Задний мост жестко соединен с рамой, а передний — с помощью балансира, выключаемого

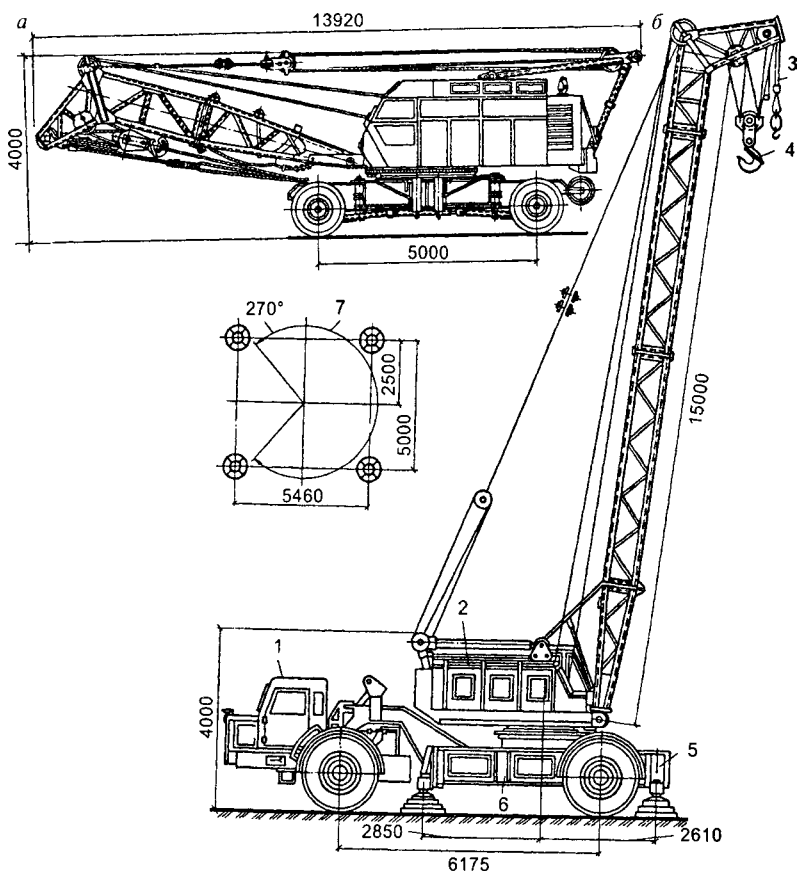


Рис. 5.13. Краны МКП-25А (а) и МКТ-40 (б):

1 — тягач; 2 — поворотная платформа; 3, 4 — крюки вспомогательного и главного подъемов; 5 — опора; 6 — полуприцеп; 7 — зона работы крана

винтами при работе крана. Выносные опоры — гидравлические поворотные.

Кран МКТ-40 (рис. 5.13, б) грузоподъемностью 40 т, электрический на переменном токе, смонтирован на специальном одноосном полуприцепе к тягачу М0А3-546П. Задний мост оборудован приводом, что повышает проходимость крана. Он оснащен основной стрелой 15 м, которая при помощи сменных секций по 5 м может удлиняться до 35 м. На все стрелы может быть установлен неуправляемый гусек.

Грузовая лебедка главного подъема оборудована двумя электродвигателями большой и малой мощности. Такая лебедка позволяет получить минимальную скорость при включении малого двигателя и максимальную при включении обоих двигателей, а также три скорости опускания груза.

Краны МКТТ-63 и МКТТ-100 (рис. 5.14, *а* и *б*) грузоподъемностью 63 и 100 т с гидроприводом и телескопическими стрелами. В качестве базовых машин использованы тягач МОАЗ-546П и трактор К-701. Ходовые устройства выполнены в виде двух- и трехосных полуприцепов.

На стрелы могут устанавливаться гуськи. Наибольшая транспортная скорость обоих кранов 30 км/ч.

Краны оборудованы автоматическими ограничителями грузоподъемности, высоты подъема, детекторами ЛЭП, анемометрами, устройствами аварийного опускания груза.

Кран МКТТ-100 (рис. 5.14, *б*) грузоподъемностью 100 т, электрический на трехосном полуприцепе к трактору К-701. На тракторе устанавливается дополнительная третья ось. Привод крана – на постоянном токе от дизель-генератора трактора. Кран оснащается стрелами 22, 29, 36, 43 и 50 м, на которые может быть установлен неуправляемый гусек 12 м. Предусмотрено башенно-стреловое оборудование со стрелами-башнями длиной 29, 43 и 50 м и управляемыми гуськами длиной 19, 26, 33 и 40 м. Грузоподъемность при БСО с гуськами 19 и 40 м соответственно 36 и 24,4 т.

Кран КС-8362Д (рис. 5.15) грузоподъемностью 100 т, электрический на постоянном токе. Возможно питание от внешней электросети через агрегат электродвигатель–генератор. Кран оснащается основной стрелой длиной 15 м, которую можно удлинить до 55 м с помощью секций по 5 м. Стрелы длиной от 20 до 40 м оснащаются неуправляемым гуськом длиной 20 м, а стрелы 45–55 м – гуськом 30 м. Предусмотрено башенно-стреловое оборудование со стрелами-башнями длиной 25–40 м и управляемыми гуськами 15–30 м.

При работе со стрелами 15 и 20 м применяют противовес массой 14 и 30 т, для остального сменного оборудования – только массой 30 т.

Кран смонтирован на специальном пятиосном ходовом устройстве, имеющем буксирное приспособление и гидравлические выносные опоры.

Главные передачи – от автомобиля КраЗ-257, а колесная передача – от тягача МОАЗ-546.

Скорость кранов на полуприцепах – до 30 км/ч.

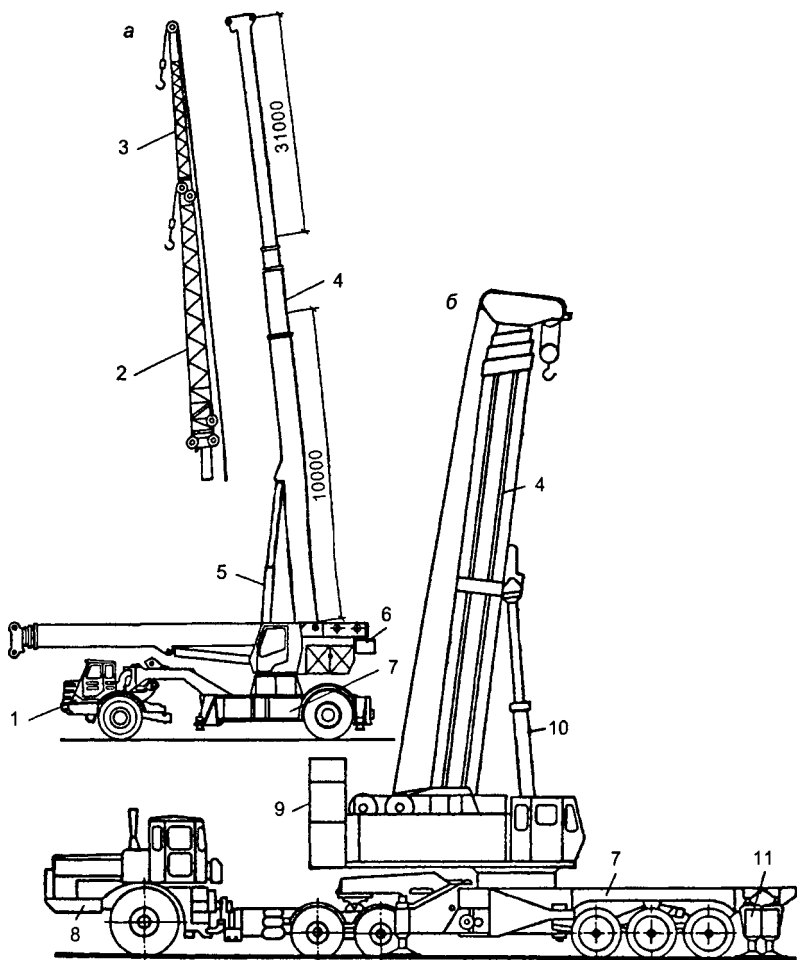


Рис. 5.14. Краны МКТТ-63 на полуприцепе к тягачу МОА3-546 (а) и кран МКТТ-100 на полуприцепе к трактору К-701 (б):

1 — тягач; 2 — удлинитель; 3 — гусек; 4 — телескопическая стрела; 5 — гидроцилиндр подъема стрелы; 6 — поворотная часть; 7 — полуприцеп; 8 — трактор К-701; 9 — противовес; 10 — гидроцилиндр изменения вылета стрелы; 11 — выносные опоры

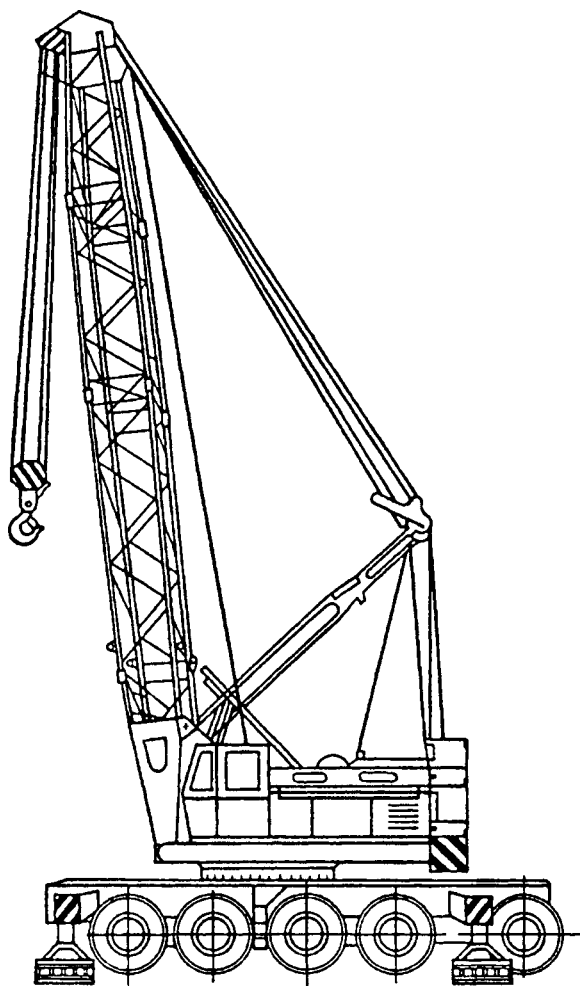


Рис. 5.15. Пневмоколесный кран КС-8362Д

5.1.4.2. Гусеничные краны

Гусеничные стреловые самоходные краны монтируют на базе специальных двухгусеничных шасси, обеспечивающих за счет большой

опорной поверхности гусениц высокие проходимость и устойчивость машин. Такие краны, в отличие от пневмоколесных, могут работать без выносных опор, передвигаться с грузом и применяются на объектах с большими объемами строительно-монтажных работ. Гусеничные краны имеют небольшие транспортные скорости (до 5 км/ч), поэтому их перевозят с объекта на объект на тяжеловозных прицепах-трайлерах.

Ходовое устройство гусеничных кранов состоит из двух гусеничных тележек многоопорного типа, соединенных между собой поперечными балками, несущими жесткую ходовую раму. На ходовой раме смонтированы узлы привода ходового оборудования и унифицированное опорно-поворотное устройство. Движение ведущим звездочкам гусениц кранов с механическим приводом сообщается от основного двигателя машины через систему зубчатых и карданных передач. Поворот всего крана производится за счет торможения одной из гусениц.

Грузоподъемное оборудование гусеничных кранов по конструкции такое же, как у пневмоколесных машин. Основные узлы гусеничных и пневмоколесных кранов унифицированы.

Отечественная промышленность серийно выпускает гусеничные краны с механическим приводом грузоподъемностью 6,3; 10 и 16 т и с электрическим приводом грузоподъемностью 16, 25, 40, 50, 63, 100 и 160 т. Предусмотрено серийное производство дизель-электрического гусеничного крана грузоподъемностью 250 т.

Основное рабочее оборудование гусеничных кранов: жесткие решетчатые стрелы длиной до 30 м; сменное – удлиненные прямые стрелы длиной до 50 м, удлиненные стрелы с гуськами длиной до 10 м; башенно-стреловые (у кранов грузоподъемностью 50, 100 и 160 т) – со стрелами длиной до 40 м и высотой башни до 51 м. Некоторые модели гусеничных кранов выпускают с основным башенно-стреловым оборудованием. На рис. 5.16 показан общий вид, графики грузоподъемности и высоты подъема крюка дизель-электрического крана с башенно-стреловым оборудованием грузоподъемностью 25 т. Гусеничные краны оборудуют силовыми установками мощностью от 60 до 300 л. с. (от 44 до 220 кВт), имеют рабочую массу 16–206 т и характеризуются удельным давлением на грунт не более 2 кгс/см² (0,2 МПа).

Пневмоколесные и гусеничные краны комплектуют приборами безопасности и контроля – ограничителями высоты подъема крюка и стрелы, указателями вылетов, грузоподъемности, угла наклона крана (креномерами), различными сигнализаторами и т.п.

Ниже рассмотрим примеры ряда применяемых гусеничных кранов.

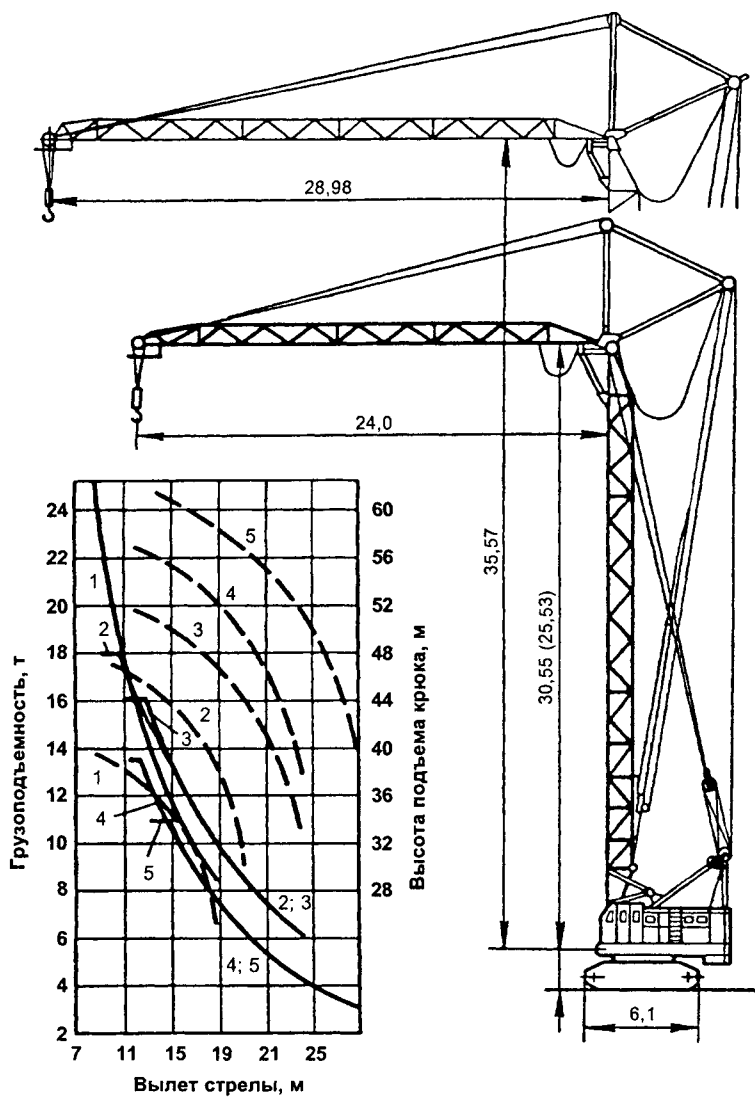


Рис. 5.16. Общий вид, графики грузоподъемности (сплошные —) и высоты подъема крюка (---) гусеничного крана с высотой башни (в м) и длиной стрелы (в м) соответственно:

1 — 25,5 и 16,4; 2 — 30,5 и 18,9; 3 — 30,5 и 24,0; 4 — 35,6 и 24,0; 5 — 25,6 и 29,0

Кран МКГ-25.01 (рис. 5.17) грузоподъемностью 25 т электрический, создан на базе крана МКГ-25БР. Кран оснащен основной стрелой 16,8 м против 13,5 м у крана МКГ-25БР, что позволяет увеличить высоту подъема главного и вспомогательного крюков. Применена новая, более мощная силовая установка. Конструктивная масса крана снижена более чем на 2 т. В то же время основные механизмы и сборочные узлы остались те же, что и у крана МКГ-25БР, т.е. унифицированы с ним.

Кран ДЭК-252 (рис. 5.18, а, б) грузоподъемностью 25 т оснащен сменными стрелами 19; 22,75; 24; 27,5; 32,75 м. На каждой из них может быть установлен неуправляемый гусек длиной 5 м. На нем установлено башенно-стреловое оборудование (БСО), башня длиной 19,24 и 27,75 м с управляемыми гуськами длиной 10, 15 и 20 м. Питание – от собственной силовой установки и от внешней сети напряжением 380 В. На кране может быть применен грейфер вместимостью 2,5 м³.

Кран оборудован двумя унифицированными грузовыми лебедками главного и вспомогательного подъемов. Одна из них служит для подъема груза, а вторая – для подъема управляемого гуська. Механизм поворота оснащен двухскоростным электродвигателем и муфтой предельного момента, что обеспечивает устойчивую работу с пониженной скоростью.

Для питания крана от внешней сети используется гибкий кабель длиной 200 м, навиваемый на барабан.

Кран РДК-250-3 (рис. 5.18, в) грузоподъемностью 25 т. В комплект рабочего оборудования входят стрелы длиной 20,3; 27,5 и 35,3 м и башенно-стреловое оборудование в составе башни высотой 12,5 и 27,5 м и управляемых гуськов 10, 15 и 20 м. Грузовая лебедка главного подъема – двухдвигательная многоскоростная с планетарным редуктором, обеспечивающая широкий диапазон скоростей, включая посадочную.

Кран СКГ-401 (рис. 5.19) и аналогичный ему по конструкции **кран СКГ-631** соответственно грузоподъемностью 40 и 63 т, в специальном исполнении – 63 и 100 т. С основными стрелами краны могут работать в I–VII ветровых районах, а с башенно-стреловым оборудованием – в I–III районах. Все стрелы могут быть оснащены неуправляемым гуськом. Изменение вылета управляемого гуська башенно-стрелового оборудования производится грузовой лебедкой вспомогательного подъема.

Гусеничные тележки – многоопорные, имеют независимые приводы механизмов передвижения. Грузовая лебедка главного подъема

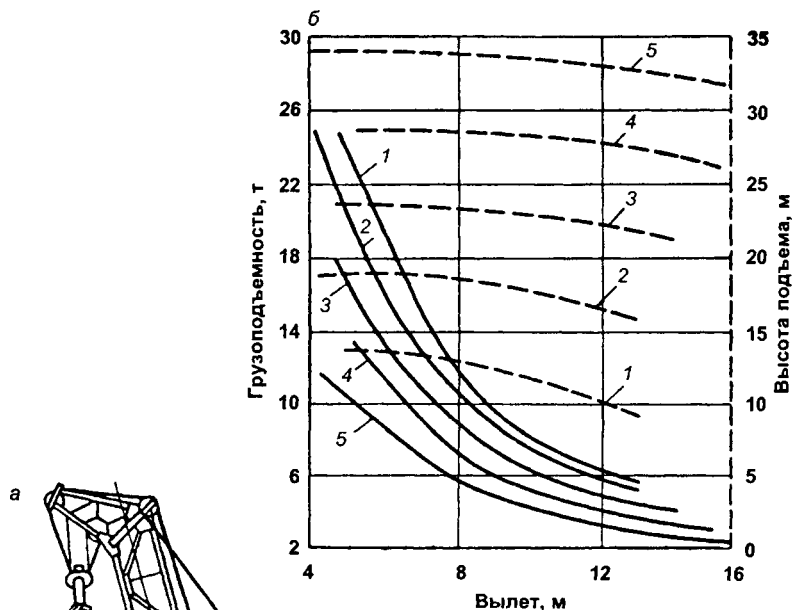


Рис. 5.17. Гусеничный кран МКГ-25.01 с основной стрелой (а) и его характеристики (б) — грузоподъемность (—) и высота подъема (---):

1 — для стрелы 16,8 м с гуськом; 2 — для стрелы 21,8 м с гуськом; 3 — для стрелы 26,8 м; 4 — для стрелы 31,8 м; 5 — для стрелы 36,8 м



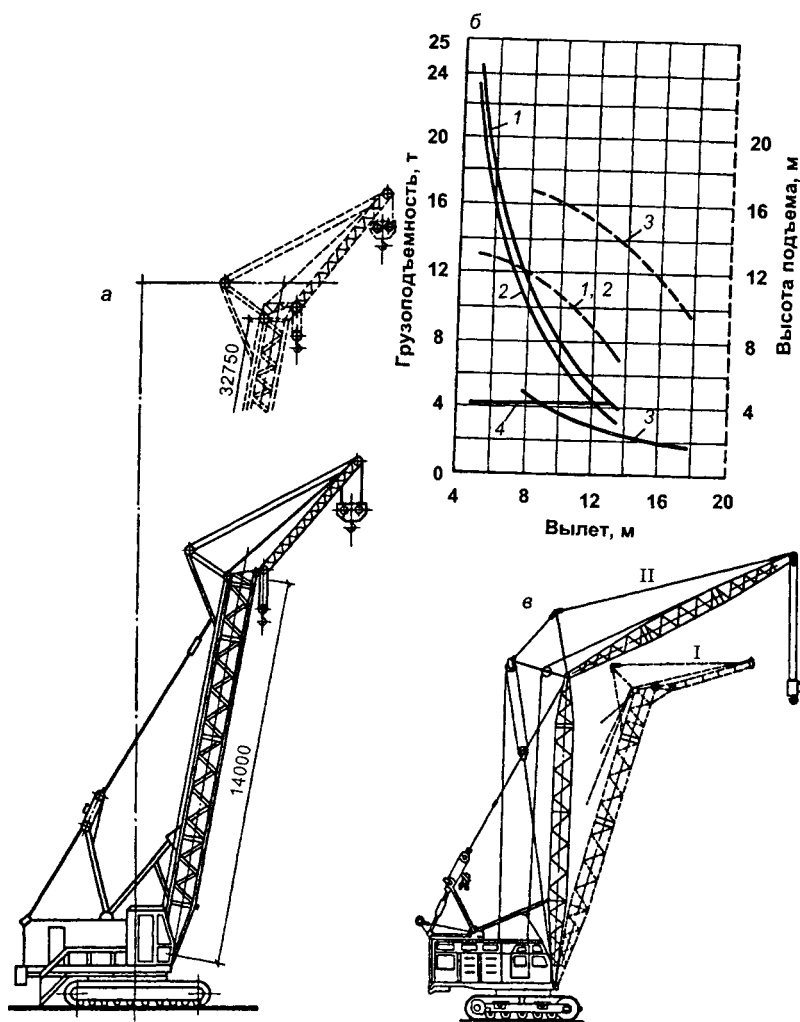


Рис. 5.18. Гусеничный кран ДЭК-252 (а), его характеристики (б) — грузоподъемность (—) и высота подъема (---) и гусеничный кран РДК-250-3 (в):

1 — для стрелы 14 м; 2 — для стрелы 14 м с гуськом; 3 — для гуська; 4 — для стрелы 14 м с грейфером

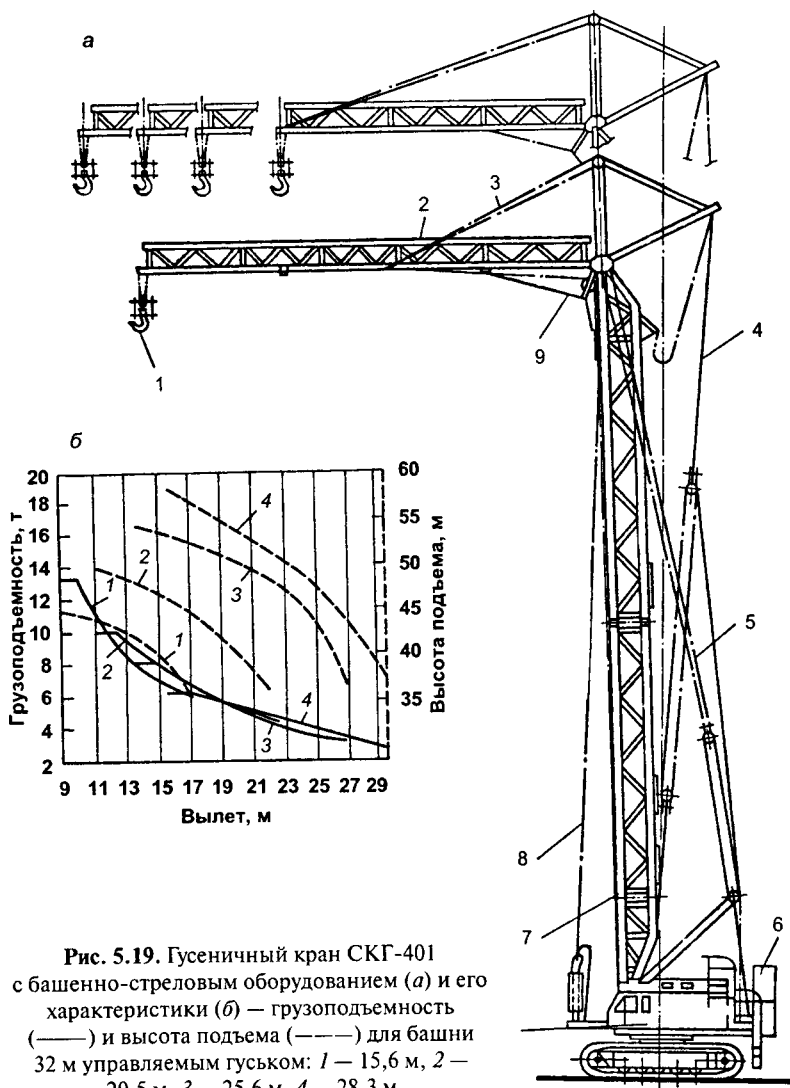


Рис. 5.19. Гусеничный кран СКГ-401 с башенно-стреловым оборудованием (а) и его характеристики (б) — грузоподъемность (—) и высота подъема (---) для башни 32 м управляемым гуськом: 1 — 15,6 м, 2 — 20,5 м, 3 — 25,6 м, 4 — 28,3 м

На рис. а: 1 — крюк; 2 — исполнения управляемого гуська; 3 — тяги гуська; 4 — тяги полиспаста изменения вылета гуська; 5 — тяги стрелового полиспаста; 6 — противовес; 7 — башня; 8, 9 — предохранительные тяги башни и гуська

оборудована двумя электродвигателями, соединенными дифференциалом, что обеспечивает получение трех скоростей подъема грузов.

Питание кранов электроэнергией осуществляется от внешней сети или от собственной силовой установки, размещаемой вне крана, на пневмоколесном прицепе.

На базе крана СКГ-401 создан кран СКГ-505 грузоподъемностью 50 т. В специальном исполнении стрелы и с дополнительным противовесом массой 8,44 т грузоподъемность составляет 63 т. В башенно-стреловом оборудовании применена стрела длиной 37 м вместо 32 м.

Кран МКГС-125 (рис. 5.20) электрический на постоянном токе грузоподъемностью 150 т. Основная стрела с помощью вставок 7 и 14 м, может быть удлинена до 78 м. На все стрелы, кроме стрел длиной 22 и 71–78 м может быть установлен неуправляемый гусек длиной 12 м.

Кран оснащен башенно-стреловым оборудованием. Неподвижная при работе башня длиной от 29 до 64 м (через 14 и 7 м) устанавливается под углом 3° . Она может оснащаться основным управляемым гуськом длиной 26 м, который при помощи вставок удлиняется до 33 и 40 м. Кратность запасовки при наибольшей грузоподъемности – 11, при наибольшей высоте подъема – 2. На высоту 101,2 м можно поднять груз 25,4 т. Кран получает электроэнергию от внешней сети на генераторную группу, состоящую из электродвигателя и двух генераторов постоянного тока, или от дизель-электрического агрегата, смонтированного на раме-салазках, присоединяемых к ходовой части крана.

5.1.4.3. Автомобильные краны

Автомобильными называются стреловые полноповоротные краны, смонтированные на шасси стандартных грузовых автомобилей нормальной и повышенной проходимости. Автокраны обладают довольно большой грузоподъемностью (до 16 т), высокими транспортными скоростями передвижения (до 70–80 км/ч), хорошей маневренностью и мобильностью. Основное рабочее оборудование автокранов – сплошные телескопические стрелы, жесткие и раздвижные решетчатые стрелы. Автокраны часто оборудуют сменными удлиненными решетчатыми стрелами различных модификаций, удлиненными стрелами с гуськами и башенно-стреловым оборудованием. Автокраны могут производить: подъем и опускание груза; изменение угла наклона стрелы; поворот стрелы на 360° ; изменение длины телескопической стрелы; передвижение с грузом.

Каждый автокран оборудуют четырьмя выносными опорами, устанавливаемыми вручную или с помощью гидропривода. Для повышения

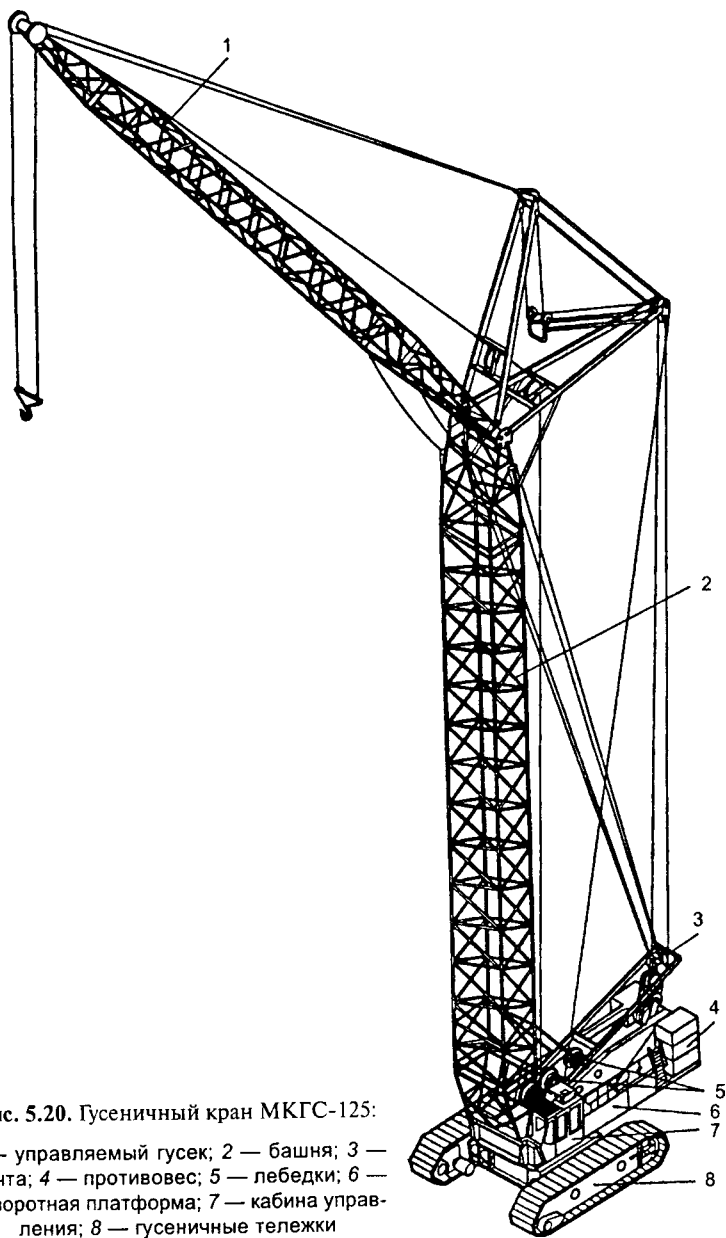


Рис. 5.20. Гусеничный кран МКГС-125:

- 1 — управляемый гусек; 2 — башня; 3 —
- мачта; 4 — противовес; 5 — лебедки; 6 —
- поворотная платформа; 7 — кабина управ-
- ления; 8 — гусеничные тележки

устойчивости кранов при работе на выносных опорах и без них задние мосты автошасси имеют винтовые или гидравлические стабилизаторы, блокирующие рессоры и жестко соединяющие мосты с рамой автомобиля. Автокраны могут перемещаться вместе с грузом со скоростью до 5 км/ч. При передвижении грузоподъемность автокранов снижается примерно в 3–5 раз. Основное силовое оборудование автокранов – двигатель автомобиля. Привод крановых механизмов может быть одно моторным (механическим) и много моторным (дизель-электрическим и гидравлическим), подвеска стрелового оборудования – гибкой (канатной) и жесткой.

Автокраны с гибкой подвеской стрелового оборудования имеют механический, дизель-электрический и гидравлический приводы крановых механизмов. Промышленностью выпускаются автокраны с механическим приводом грузоподъемностью 4; 6,3; 10 и 16 т, которые комплектуют основными решетчатыми стрелами длиной 6–10 м, сменными удлинненными стрелами длиной 8–18 м, удлинненными стрелами с гуськами длиной 1,5–3 м, башенно-стреловым оборудованием со стрелами 7–9,5 м и высотой башни 7,5–12 м. Конструкции автокранов с механическим приводом разных моделей имеют мало различий.

В качестве примера на рис. 5.21, а, приведена конструкция автокрана с механическим приводом грузоподъемностью 6,3 т, смонтированного на шасси грузового автомобиля ЗИЛ-130. Крановая установка машины состоит из неповоротной и поворотной частей, соединенных между собой нормализованным роликовым опорно-поворотным устройством 7. Неповоротная часть крана включает ходовую раму 4, жестко прикрепленную к раме автошасси 1, коробку отбора мощности 2, промежуточный конический редуктор 5, зубчатый венец опорно-поворотного устройства, выносные опоры 3, 8 и стабилизирующее устройство 6. Поворотная часть крана состоит из поворотной платформы 9, на которой смонтированы решетчатая стрела 17, двуногая стойка 12, противовес 10, грузовая и стреловая 11 лебедки, реверсивно-распределительный механизм 13, механизм поворота крана 14 и кабина машиниста 15. В комплект сменного оборудования крана входят две жесткие удлинненные (до 12 м) стрелы – прямая и с гуськом длиной 1,5 м. Изменение угла наклона стрелы осуществляется стреловой лебедкой 11 через стреловой полиспаст 16, подъем–опускание крюковой подвески 19 (груза) – грузовой лебедкой через грузовой полиспаст 18. Крановые механизмы приводятся в действие от двигателя автомобиля мощностью 150 л. с. (110 кВт) через коробку отбора мощности 2, промежуточный редуктор 5 и реверсивно-распределительный механизм 13.

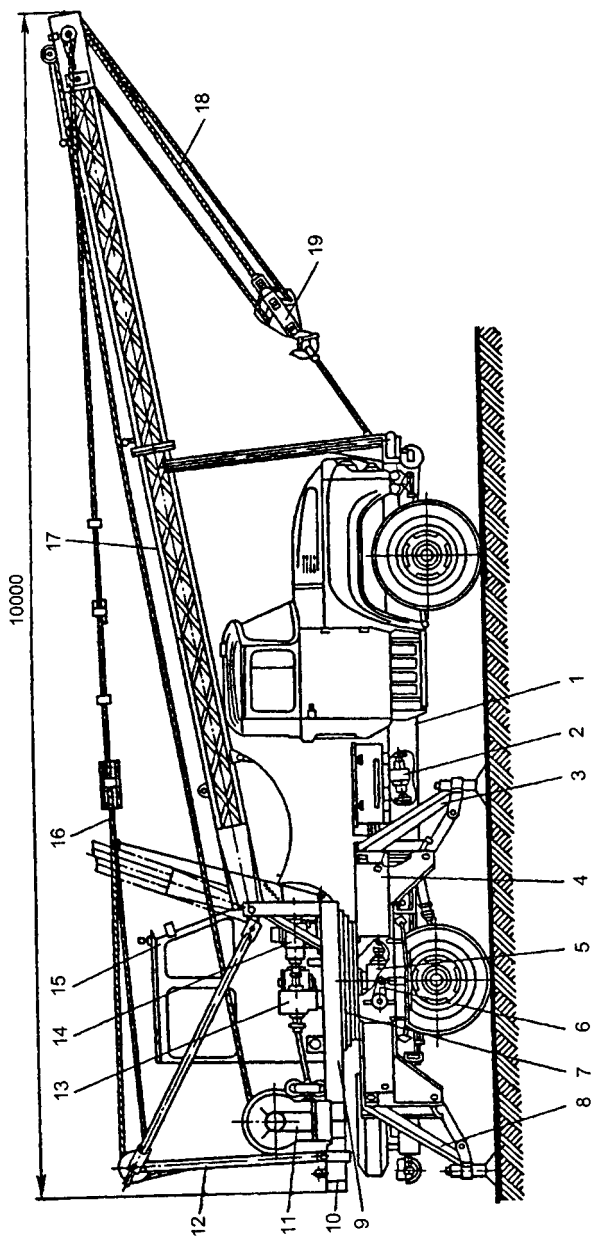


Рис. 5.21. Автокран грузоподъемностью 6,3 т с механическим приводом

Автокраны с много моторным приводом и гибкой подвеской стрелового оборудования состоят из тех же частей (за исключением трансмиссии), что и краны с одно моторным приводом. Рассмотрим схемы механизмов много моторного дизель-электрического крана грузоподъемностью 16 т, общий вид, рабочее оборудование и графики грузоподъемности которого показаны на рис. 5.22, а. Кран оснащен основной жесткой решетчатой стрелой длиной 10 м, тремя сменными удлиненными стрелами длиной 14–28 м, удлиненными стрелами трех модификаций с гуськом длиной 4,8 м, башенно-стреловым оборудованием и грейферным ковшом вместимостью 1,5 м³. Для подъема-опускания грейфера и крюковой подвески гуська в конструкцию крана включена вспомогательная грузовая лебедка. Крановое оборудование смонтировано на трехосном автошасси КраЗ-257К, в раму которого встроен синхронный генератор трехфазного тока мощностью 37,5 кВт. Он обеспечивает питание индивидуальных трехфазных электродвигателей, приводящих в действие через редукторы крановые механизмы. Питание приводных электродвигателей возможно также от внешней сети напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Электродвигатели грузовой, вспомогательной реверсивных лебедок и поворотного механизма имеют фазный ротор, стреловая лебедка – короткозамкнутый.

Промышленностью серийно выпускаются дизель-электрические автокраны грузоподъемностью 6,3; 10 и 16 т, конструкции которых идентичны.

Автокраны с жесткой подвеской стрелового оборудования имеют индивидуальный гидравлический привод крановых механизмов и оснащаются телескопическими стрелами (основное рабочее оборудование), длину которых можно изменять при рабочей нагрузке.

Промышленностью серийно выпускаются четыре типоразмера унифицированных гидравлических таких автокранов грузоподъемностью 4; 6,3; 10 и 16 т. На кранах грузоподъемностью 4; 6,3 и 10 т установлены двухсекционные стрелы с одной подвижной секцией, а на кранах грузоподъемностью 16 т – трехсекционные с двумя подвижными секциями. Перемещение подвижных секций стрелы осуществляется с помощью длинноходовых гидроцилиндров двустороннего действия. Автокраны с жесткой подвеской рабочего оборудования практически однотипны по конструкции, имеют одинаковую гидравлическую схему и различаются базовым автошасси, размерами узлов и агрегатов.

В качестве примера такого крана на рис. 5.23 приведена конструкция автокрана КС-3571 грузоподъемностью 10 т, смонтированного на

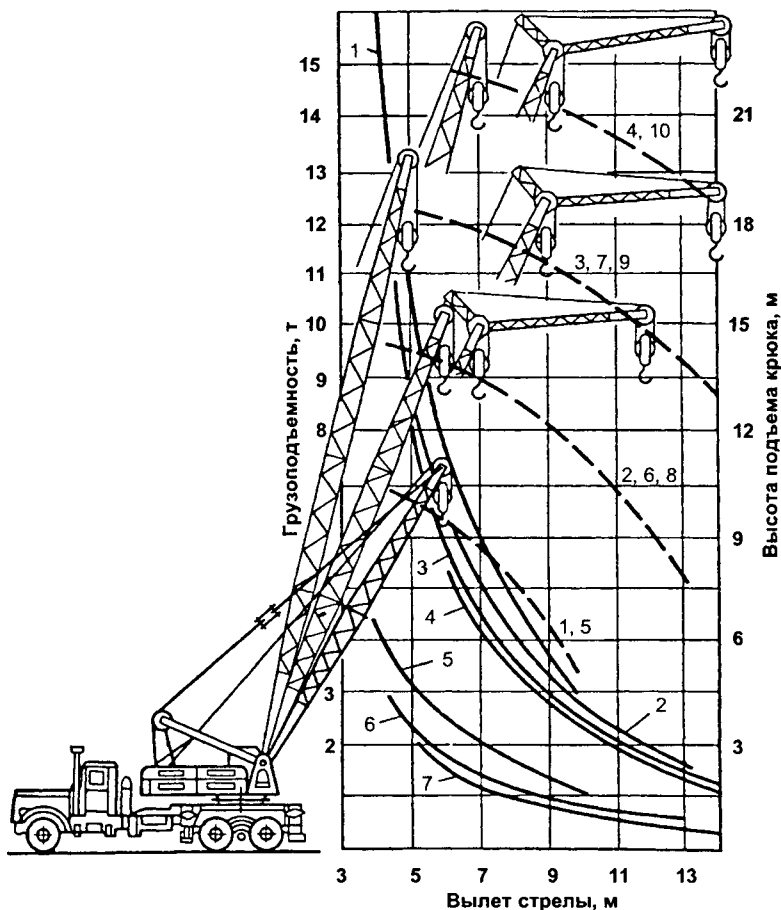


Рис. 5.22. Дизель-электрический автокран грузоподъемностью 16 т:

общий вид и графики грузоподъемности (—) и высоты подъема крюка (---) при стрелах длиной: 1 — 10,0 м на выносных опорах; 2 — 14,0 м на выносных опорах; 3 — 18,0 м на выносных опорах; 4 — 22,0 м на выносных опорах; 5 — 10,0 м без выносных опор; 6 — 14,0 м без выносных опор; 7 — 18,0 м без выносных опор; 8 — 14,0 м с гуськом на выносных опорах; 9 — 18,0 м с гуськом на выносных опорах; 10 — 22,0 м с гуськом на выносных опорах

шасси автомобиля МАЗ-500А. Гидравлический привод рабочего оборудования машины обеспечивает изменение длины телескопической стрелы, подъем и опускание груза, изменение угла наклона стрелы,

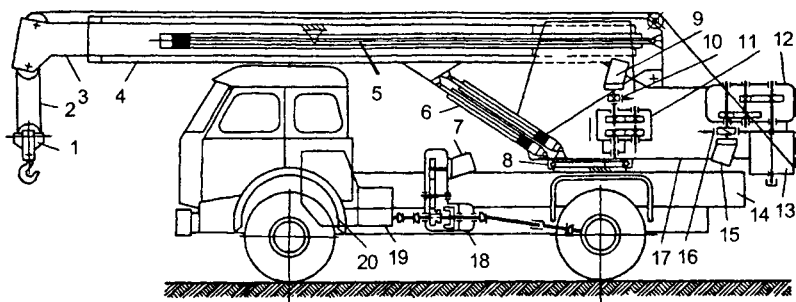


Рис. 5.23. Кинематическая схема автокрана грузоподъемностью 10 т с гидравлическим приводом и жесткой подвеской стрелового оборудования

поворот стрелы (платформы) на 360° . Причем операции подъема–опускания груза или стрелы могут быть совмещены с поворотом платформы или выдвиганием–втягиванием телескопической стрелы. С помощью гидропривода производится также управление четырьмя гидроцилиндрами выносных опор и двумя гидроцилиндрами, блокирующими рессоры заднего моста автошасси при работе кранового оборудования.

Телескопическая стрела крана состоит из двух секций коробчатого сечения – неподвижной наружной 4, шарнирно прикрепляемой к поворотной платформе 17, и подвижной внутренней 3, несущей на переднем конце грузовой полиспаст 2 с крюковой подвеской 1. Подвижная секция опирается на неподвижную с помощью роликов, обеспечивающих соосное положение обеих секций. Выдвижение (втягивание) стрелы осуществляется длинноходовым гидроцилиндром 5, гильза и односторонний шток которого шарнирно соединены соответственно с подвижной и неподвижно секциями стрелы. Изменение угла наклона стрелы производится двумя параллельно действующими гидроцилиндрами 6. Подъем–опускание груза осуществляется грузовой лебедкой, состоящей из аксиально–поршневого гидромотора 15, цилиндрического двухступенчатого редуктора 12, барабана 13 и нормально замкнутого ленточного тормоза 16 с гидроразмыкателем, включенным параллельно гидромотору.

Рабочее оборудование крана смонтировано на поворотной платформе 17, которая опирается на ходовую раму шасси при помощи стандартного роликового опорно–поворотного устройства 8, имеющего венец с внутренними зубьями. Механизм поворота включает аксиально–поршневой гидромотор 9, двухступенчатый редуктор 11 и

нормально замкнутый колодочный тормоз 10 с гидроразмыкателем. На выходном валу редуктора закреплена шестерня, входящая в зацепление с зубчатым венцом опорно-поворотного устройства.

Гидравлические двигатели крановых механизмов, гидроцилиндры выносных опор и блокировки рессор питаются от двух аксиально-поршневых насосов 7, установленных на ходовой раме 14 автомобиля. Привод гидронасосов осуществляется от силовой установки 20 машины через коробку передач 19 и редуктор отбора мощности 18. При выключенных насосах от редуктора отбора мощности приводится в действие механизм передвижения крана.

Автокраны с жесткой подвеской стрелового оборудования имеют следующие параметры: грузоподъемность при работе без выносных опор 1,0–5,0 т; наименьшую длину телескопической стрелы 6,5–9,8 м, наибольшую – 10,4–218 м; максимальную высоту подъема крюка при выдвинутой стреле 11–22 м; наибольший вылет крюка от оси вращения 3,3–20,3 м; скорость подъема-опускания груза с телескопической стрелой 0,1–16 м/мин; скорость посадки груза 0,1–0,3 м/мин; частоту вращения поворотной части 0,1–2,4 об/мин; мощность приводного 115–240 л. с. (84,5–176,5 кВт); массу 7,3–21,4 т.

Ниже рассмотрим примеры наиболее часто применяемых автомобильных кранов.

Кран-2571А (рис. 5.24, а, б) грузоподъемностью 6,3 т на шасси автомобиля ЗИЛ-431412, оснащен двухсекционной телескопической стрелой длиной 7,3 м, которая при выдвигании головной секции удлиняется до 10,8 м и гуськом 2,3 м. В кране возможно совмещение следующих операций: вращение поворотной платформы с подъемом или опусканием груза, подъем (опускание) стрелы с вращением платформы, выдвигание (вдвижение) головной секции стрелы с подъемом или опусканием груза.

Кран оборудован гидравлическими выносными опорами, управляемыми распределителем на ходовом устройстве. На кране применен шарнирно-рычажный стабилизатор задней подвески с гидравлическим приводом фиксации. Кабина машиниста обогревается. Кран имеет модификацию КС-2571А-1 с выдвигной стрелой.

Кран СМК-101 (рис. 5.24, в, г) грузоподъемностью 10 т является усовершенствованной моделью крана СМК-10 на шасси автомобиля МАЗ-5334. Кран оснащен основной решетчатой стрелой длиной 8,6 м и удлиненными стрелами 11,6 м; 14,6 м; 117,6 м; гуськом 1,5 м к стреле 17,6 м, а также устройством для подтягивания груза в рабочую зону машины. Кран может работать без выносных опор и передвигаться с грузом 2,5 т. Привод крана — электрический от генератора

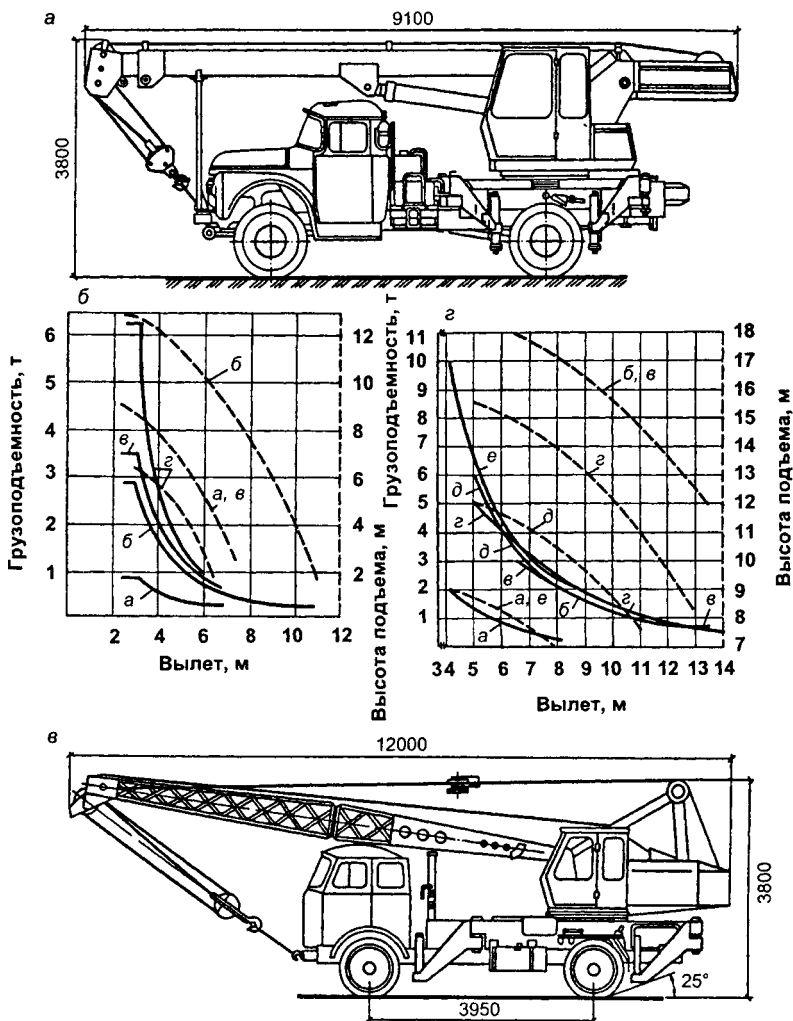


Рис. 5.24. Автомобильный кран КС-2571А (а) и его грузовые характеристики (б): для стрелы 7,3 м без выносных опор (а), для стрелы 11,3 м и гуська 2,2 м (б); при выдвигании стрелы до 11,3 м на выносных опорах (в); для стрелы 7,3 м на выносных опорах (z) и автомобильный кран СМК-101 (в) и его грузовые характеристики (z): для стрелы 8,6 м без выносных опор (а), для стрелы 17,6 м и гуська 1,5 м (б), для стрелы 17,6 м (в), для стрелы 14,6 м (z), для стрелы 11,6 м (д), для стрелы 8,6 м на выносных опорах (е)

переменного тока напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Он приводится в действие через коробку отбора мощности от силовой установки шасси. Кран также может работать от внешнего источника электроэнергии. Каждый механизм имеет свой электродвигатель, что позволяет совмещать рабочие движения. Посадочная скорость опускания груза при монтажных работах достигается торможением грузовой лебедки.

Кран КС-3562Б (рис. 5.25, а) грузоподъемностью 10 т смонтирован на шасси МАЗ-5334, имеет гидравлические выносные опоры, оснащен основной решетчатой стрелой длиной 10 м и сменным рабочим оборудованием: удлиненными стрелами 14 и 18 м, гуськом длиной 3 м к удлиненной стреле 18 м.

Привод крана — гидравлический от силовой установки шасси. Возможно совмещение подъема (опускания) груза или стрелы с вращением поворотной платформы. Подъем и опускание стрелы, поворот платформы производится после установки крана на выносные опоры.

Кран КС-3577-2 (рис. 5.25, б) грузоподъемностью 12,5 т на базе шасси автомобиля МАЗ-5337 оснащен двухсекционной телескопической стрелой длиной 8 м, которая при выдвигении головной секции увеличивается до 14 м. К выдвинутой стреле имеются вставка 2 м и гусек 7 м. Привод крана — гидравлический от насоса, установленного на раме ходового устройства. На кране возможно совмещение операций: подъем и опускание груза с вращением поворотной платформы, а также с выдвигением (вдвижением) секции стрелы. Возможны также подъем и опускание стрелы при вращении поворотной платформы.

Кран оборудован гидравлическими выносными опорами, управляемыми с уровня основания. Работа всех механизмов крана начинается только после установки выносных опор.

Такой же кран, смонтированный на шасси автомобиля МАЗ-5334, имеет индекс КС-3577.

Кран КС-4561А (рис. 5.25, в) грузоподъемностью 16 т смонтирован на шасси автомобиля КраЗ-257К1, оснащен основной решетчатой стрелой длиной 10 м и удлиненными с помощью 4-метровых секций стрелами 14–22 м, гуськом 5 м к удлиненным стрелам, вспомогательным крюком.

Привод крана — электрический от генератора мощностью 37,5 кВт. Кран может быть подключен также при необходимости к внешней сети переменного тока напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Наличие индивидуальных электродвигателей рабочих механизмов

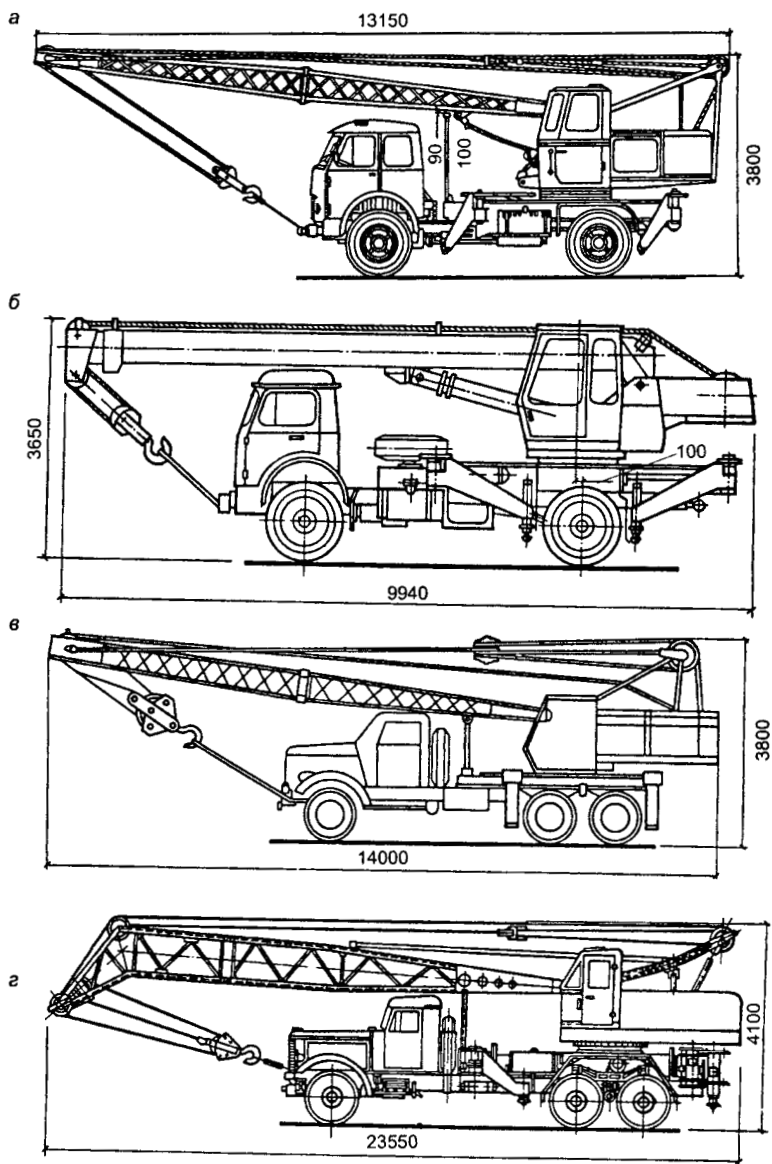


Рис. 5.25. Автомобильные краны КС-3562Б (а), КС-3577-2 (б), КС-4561А (в) и МКА-16 (г)

обеспечивает независимую их работу и совмещение подъема (опускания) груза или стрелы с вращением поворотной платформы.

Кран оборудован гидравлическими выносными опорами, но может работать и без них.

Кран, смонтированный на шасси автомобиля КраЗ-250, имеет индекс КС-4561А-1.

Кран МКА-16 (рис. 5.25, з) грузоподъемностью 16 т смонтирован на шасси автомобиля КраЗ-257, оснащен основной стрелой длиной 10 м, тремя удлиненными стрелами, получаемыми с помощью сменных секций длиной 5 и 3 м, и гуськом длиной 3 м к удлиненной стреле 23 м.

Привод крана — механический от дизельной силовой установки шасси. Грузовая и стреловая лебедки унифицированы. В кране возможно совмещение рабочих операций: подъема (опускания) груза с вращением поворотной части, подъема (опускания) стрелы с вращением поворотной части. Рабочие скорости регулируются изменением частоты вращения двигателя и переключением коробки передач шасси.

Кран оборудован гидравлическими выносными опорами, но может работать и без них и передвигаться с грузом массой 4,5 т.

Кран КС-4562 (рис. 5.26, а) грузоподъемностью 20 т смонтирован на шасси автомобиля КраЗ-250, оснащен выдвижной коробчатой стрелой 8, 13 м, которая может удлиняться до 14 м. Кран может быть укомплектован решетчатой стрелой 10 м и пятью вставками длиной 4 м каждая, благодаря чему 10 м стрела удлиняется до 14–30 м. Стрелы длиной 18–30 м оборудуются гуськом 5 м и вспомогательным крюком.

Выдвижная стрела коробчатого сечения состоит из двух секций, выдвигается (вдвигается) механизированно полиспастом механизма главного подъема. Тип привода и схема управления рабочими движениями аналогичны крану КС-4561А.

Электродвигатели рабочих механизмов крана питаются переменным током напряжением 380 В от генератора, установленного на раме ходового устройства. Предусмотрено питание привода от внешней сети.

Кран КС-4571-1 (рис. 5.26, б) грузоподъемностью 16 т смонтирован на шасси автомобиля КраЗ-250, оснащен трехсекционной телескопической стрелой длиной 9,75 м, которая при выдвижении секций удлиняется до 21,75 м, и гуськом 6 м.

Привод крана — гидравлический от двух насосов, работающих от редуктора, соединенного с коробкой отбора мощности. Возможно

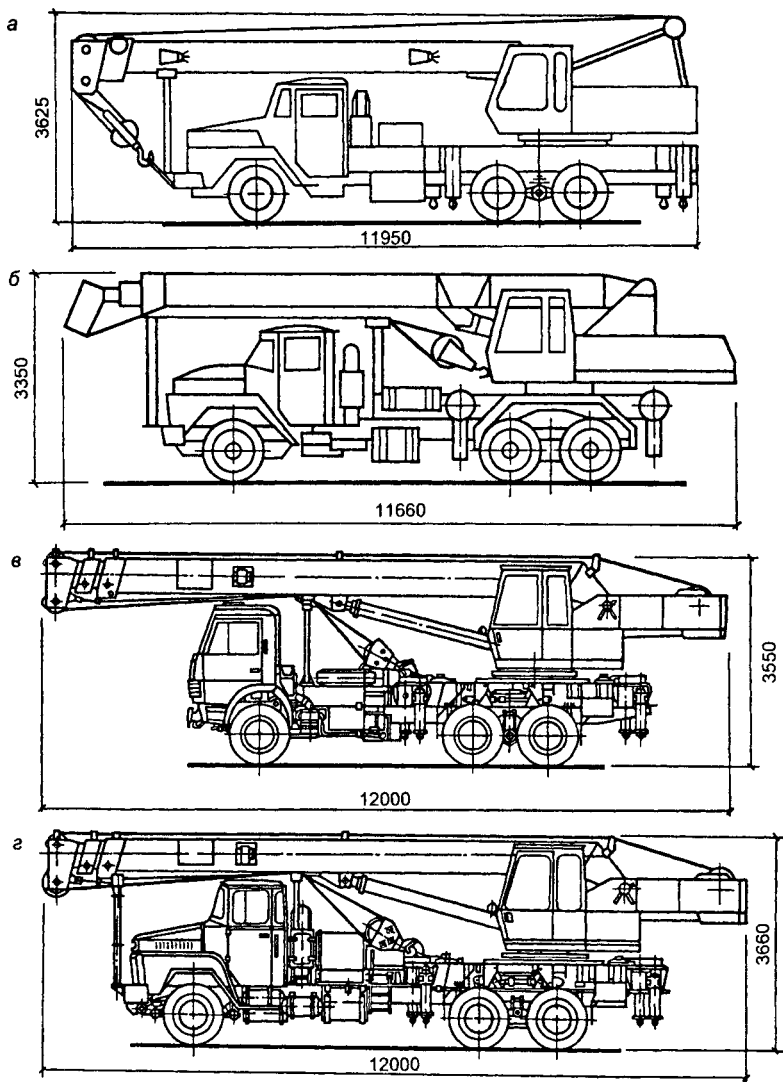


Рис. 5.26. Автомобильные краны КС-4562 (а), КС-4571-1 (б), КС-4572 (в), КС-4573 (г) и КС-4574 (д)

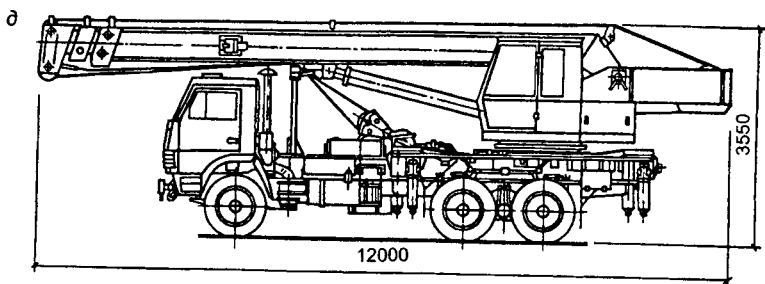


Рис. 5.26. (окончание)

совмещение следующих рабочих движений: подъем (опускание) груза с подъемом (опусканием) стрелы, подъем (опускание) груза с вращением поворотной платформы, выдвигание (вдвижение) секций стрелы с ее подъемом (опусканием), выдвиганием (вдвижение) секций стрелы с подъемом (опусканием) груза. Система выдвигания секций телескопической стрелы канатная и с применением гидроцилиндра. Система устроена так, что при выдвигании (вдвижении) гидроцилиндром средней секции одновременно перемещается канатами головная секция. Перемещение секций стрелы производится, когда кран установлен на выносные опоры.

Кран оборудован гидравлическими выносными опорами, но может работать и без них.

Кран КС-4572 (рис. 5.26, *в*) грузоподъемностью 16 т смонтирован на шасси автомобиля КамАЗ-53213, оснащен трехсекционной телескопической стрелой длиной 9,7 м, которая при выдвигании двух секций полностью удлиняется до 21,7 м, и гуськом 6 м к удлиненной стреле.

Привод крана — гидравлический от двух аксиально-плунжерных насосов, работающих от силовой установки шасси через коробки перемены передач и отбора мощности. Возможно совмещение ряда рабочих движений: подъем (опускание) стрелы без груза с вращением поворотной части, подъем (опускание) груза с выдвиганием (вдвижением) секций стрелы, подъем (опускание) стрелы с подъемом (опусканием) груза, подъем (опускание) стрелы с выдвиганием (вдвижением) ее секций, вращение поворотной части с подъемом (опусканием) груза. Регулирование скоростей рабочих движений производится комбинированно: изменением частоты вращения силовой установки шасси, дросселированием рабочей жидкости в каналах распределителей, созданием переменного рабочего объема в гидромоторах. Регулируемый гидромотор главной лебедки обеспечивает

повышение скорости подъема (опускания) груза. Кран оборудован гидравлическими выносными опорами.

Кран КС-4573 (рис. 5.26, з) грузоподъемностью 16 т смонтирован на шасси автомобиля КраЗ-250, оснащен трехсекционной телескопической стрелой длиной 9,7 м, которая при выдвигении двух секций удлиняется до 21,7 м, и гуськом 9 м к удлиненной стреле.

Привод крана — гидравлический также от двух аксиально-плунжерных насосов. Кран оборудован гидравлическими выносными опорами и стабилизатором, управляемыми с пульта на задней балке ходового устройства.

Средняя и головная секции телескопической стрелы перемещаются гидроцилиндром. Конструкцией крана предусмотрено последовательное выдвигение и движение секций телескопической стрелы. Вначале выдвигается средняя секция вместе с головной частью, после полного выдвигения средней секции и ее фиксирования продолжает перемещаться оголовок стрелы. Движение секций производится в обратной последовательности.

На оголовок стрелы есть возможность закреплять люльку грузоподъемностью 150 кг для выполнения с нее фасадных работ на высоте до 21 м.

Кран КС-4574 (рис. 5.26, д) грузоподъемностью 16 т смонтирован на шасси автомобиля КамАЗ-53213, оснащен трехсекционной телескопической стрелой 9,7 м, которая при выдвигении секций удлиняется до 21,7 м. Среднюю секцию, выдвинутую для увеличения длины стрелы до 11,7 м, фиксируют механизмом блокировки рабочего оборудования.

Привод крана — гидравлический от двух насосов.

В кране возможно совмещение ряда операций, как и в других кранах. Но при этом необходимо исключать перегрузку гидрооборудования. Кран оснащен выдвигными гидравлическими опорами, ограничителем подъема крюка, грузоподъемности, сматывания каната, указателем угла наклона крана.

5.1.4.4. Краны на шасси автомобильного типа и короткобазовые

Повышенное число приводных от 4 до 6 и управляемых колес в шасси автомобильного типа обеспечивает таким кранам высокую маневренность и проходимость в тяжелых дорожных условиях. Причем в кранах грузоподъемностью до 50 т двигатель устанавливается на шасси, а в более мощных — на шасси и на поворотной платформе. Такие краны могут работать без выносных опор, непосредственно «с колес», имея при этом грузоподъемность от 20 до 25 % от наибольшей.

Краны оснащаются только грузовыми крюками. Их габаритные размеры по ширине 2,5–3 м и высоте 3,6–4 м позволяют кранам вписываться в транспортные потоки. Краны грузоподъемностью до 40 т имеют массу до 56 т, а свыше — до 90 т, вследствие чего последние относятся к категории сверхтяжелых машин. Максимальная скорость их движения в зависимости от грузоподъемности — от 70 до 50 км/ч.

На рис. 5.27 показан пример крана на шасси автомобильного типа КС-5473Б грузоподъемностью 25 т. Кран гидравлический, смонтирован на трехосном шасси с двумя задними ведущими мостами. Колесная формула 6×4. Трехсекционная стрела имеет две выдвигные секции, перемещаемые длинноходовыми цилиндрами и канатным мультипликатором. На стреле могут быть укреплены решетчатый удлинитель под углом 0 и 15° и гусек (рис. 5.28). Шасси оборудовано пневматическими тормозами.

Ниже рассмотрим примеры некоторых других кранов на шасси автомобильного типа.

КС-6472 (рис. 5.29, а) смонтирован на новом шасси.

На этом кране снижена масса на 3,1 т. Радиус поворота доведен до 11,7 против 14 м. Ширина крана в транспортном положении уменьшена до 2,5 м. Грузоподъемность при работе без выносных опор составляет 8 т.

На базе этого крана создана машина КС-7472 грузоподъемностью 80 т.

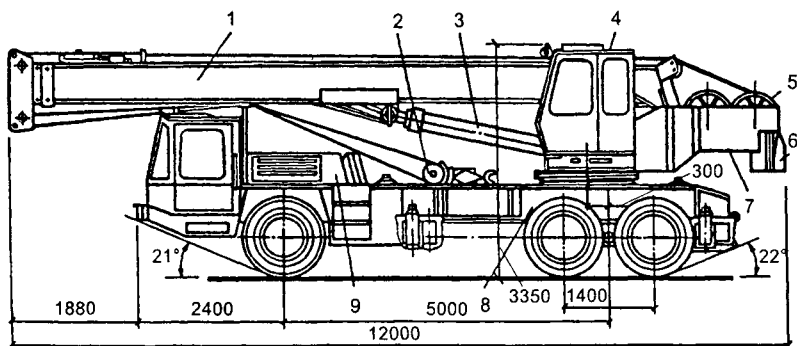


Рис. 5.27. Кран на шасси автомобильного типа КС-5473Б:

1 — стрела; 2 — крюковая подвеска; 3 — гидроцилиндр; 4 — кабина; 5 — лебедка; 6 — противовес; 7 — поворотная платформа; 8 — шасси; 9 — двигатель

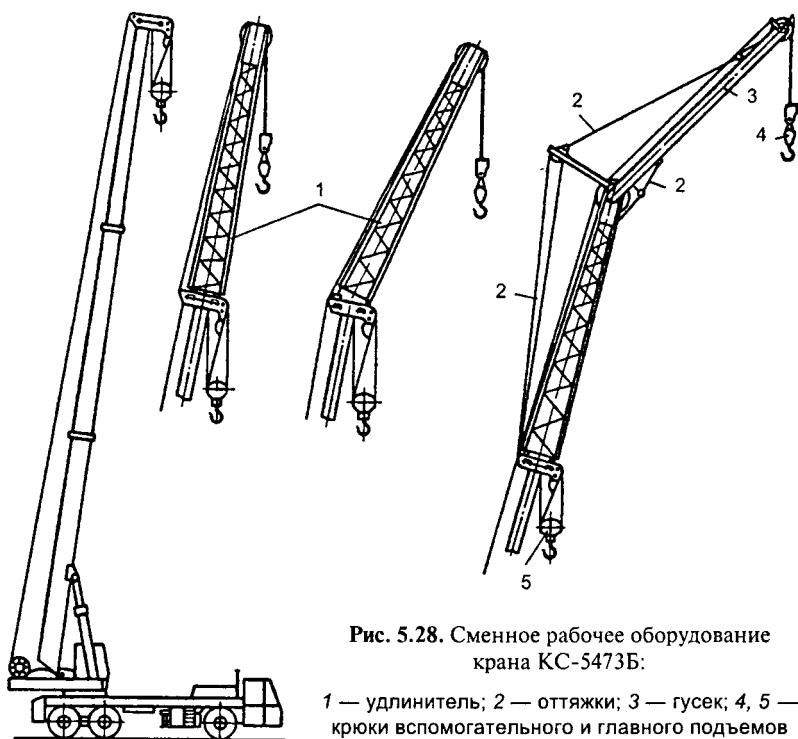


Рис. 5.28. Сменное рабочее оборудование крана КС-5473Б:

1 — удлинитель; 2 — оттяжки; 3 — гусек; 4, 5 — крюки вспомогательного и главного подъемов

Кран КС-7472 (рис. 5.29, б) отличается повышенной грузоподъемностью (до 80 т). Кран гидравлический грузоподъемностью 63 т на шестиосном шасси ПС-632, оборудован двумя дизелями на шасси и на поворотной платформе. Кран оснащен четырехсекционной стрелой, изменяющей длину от 12,6 до 38,1 м. На стреле предусмотрены управляемые гуськи длиной 15 и 20 м к стрелам 21,1 и 38,1 м. Наибольшая грузоподъемность обеспечивается при опирании крана на выносные опоры, при работе на колесах (без передвижения с грузом) грузоподъемность снижается до 15 т.

Краны ЛТМ 1050-4 (рис. 5.29, в, г) и ЛТМ 1070 являются кранами повышенной проходимости, достигаемой с помощью трех (из четырех) ведущих мостов и гидропневматической системы их подрессоривания.

Гидромеханическая трансмиссия позволяет развивать скорость движения до 80 км/ч по шоссе, а благодаря высоким тягово-динамическим

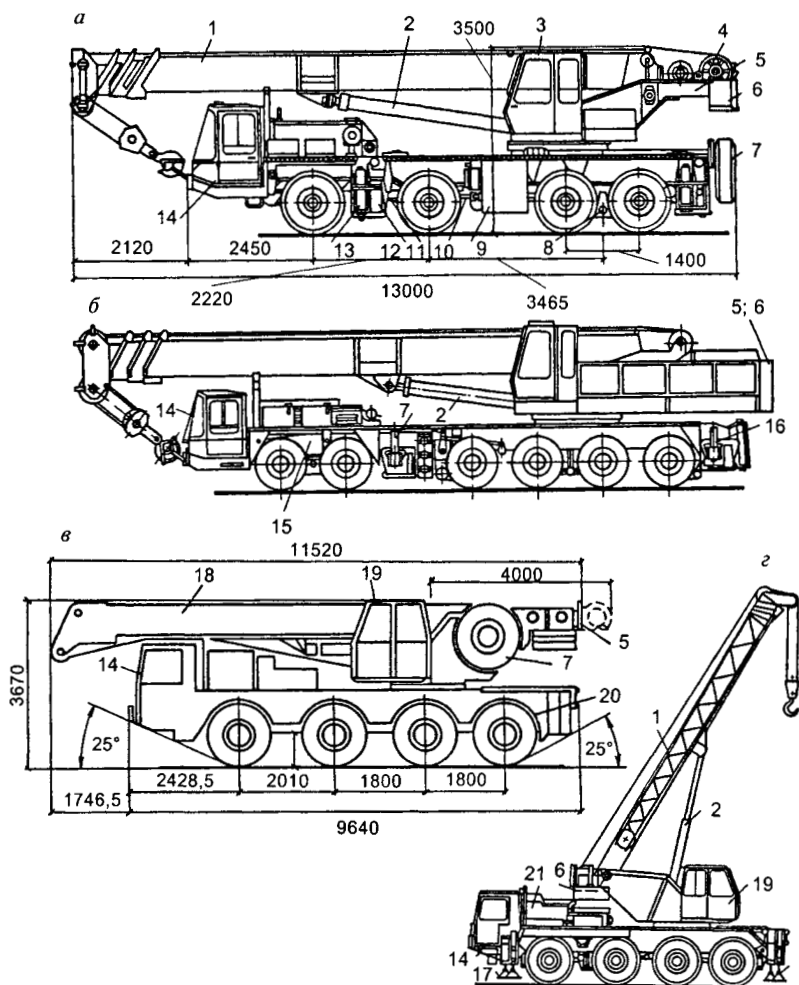


Рис. 5.29. Краны на шасси автомобильного типа КС-6472 (а), КС-7472 (б), ЛТМ1050-4 в транспортном (е) и рабочем (z) положении:

1 — телескопическая стрела; 2 — гидроцилиндр подъема стрелы; 3 — кабина управления; 4 — лебедка; 5 — поворотная платформа; 6 — противовес; 7 — запасное колесо; 8 — балансир; 9 — распределительная коробка; 10 — карданный вал; 11 — рессора; 12 — выдвижная балка опоры; 13 — гидроцилиндр выносной опоры; 14 — кабина шасси; 15 — шестиосное шасси; 16, 17 — выносные опоры; 18 — стрела; 19 — кабина управления краном; 20 — четырехосное шасси; 21 — силовая установка

характеристикам (удельная мощность 5–6 кВт/т) – передвигаться по тяжелым грунтовым дорогам, преодолевать уклоны пути до 27° и глубину брода до 1,5 м.

Приводные мосты и наличие всех управляемых колес обеспечивают малые радиусы поворота и передвижение машин «крабом». Грузовысотная характеристика машин меняется в зависимости от массы съемного противовеса и наличия удлинителя. Наибольшая масса груза, при которой можно выдвигать секции в полном диапазоне телескопирования стрелы, например для крана ЛТМ 1050-4, составляет 7,1 т.

В комплект поставки кранов ЛТМ входят: удлинитель стрелы, три крюковых подвески и запасное колесо.

На кранах установлены регулируемые гидронасосы, тормозные клапаны с давлением открытия 0,6 МПа, что позволяет снижать расход топлива и уровень шума; двигатель шасси – с турбонаддувом.

Краны короткобазовые. **Кран КС-4372** (рис. 5.30) грузоподъемностью 16 т, гидравлический; привод от дизеля, установленного на шасси. Он оснащен трехсекционной телескопической стрелой, на которой может устанавливаться управляемый гусек длиной 5 м. Изменение вылета стрелы осуществляется гидроцилиндрами. Шасси двухосные со всеми управляемыми и приводными колесами. Кран имеет гидравлические выносные опоры, но может работать и без них и передвигаться с грузом 6,3 т. Модернизированный аналогичный кран имеет грузоподъемность 20 т. Новое дополнительное оборудование обеспечивает высоту подъема до 30 м вместо 23 м. Улучшена маневренность машины – радиус поворота сокращен с 5,1 до 4,5 м.

5.1.4.5. Краны-трубоукладчики

Эти краны представляют собой специальные самоходные гусеничные и колесные машины с боковой стрелой, которые являются основными грузоподъемными средствами на строительстве трубопроводов. Они предназначены для укладки в траншею трубопроводов, для сопровождения очистных и изоляционных машин, поддержания трубопроводов при сварке, погрузки–разгрузки труб и плетей, а также для выполнения различных строительного-монтажных работ.

Основные рабочие движения трубоукладчика: подъем и опускание груза, передвижение крана вместе с грузом, изменение вылета стрелы с грузом.

Каждый кран-трубоукладчик состоит из базовой машины, навесного грузоподъемного оборудования, трансмиссии, системы управления

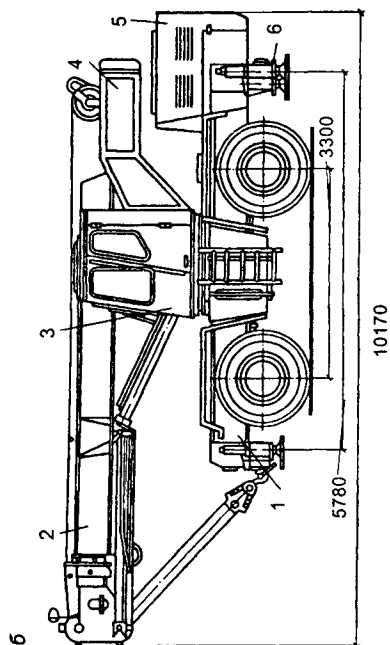
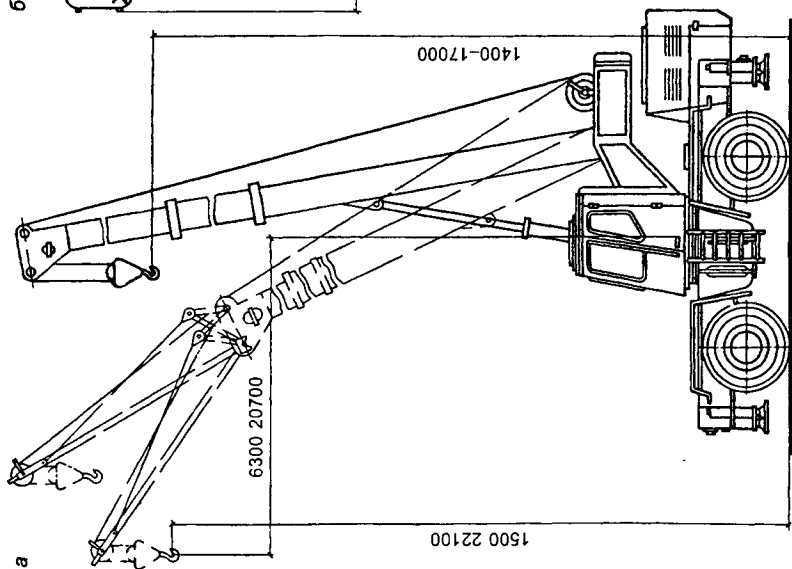


Рис. 5.30. Короткобазовый кран КС-4372:

а — рабочее положение; б — транспортное положение; 1 — шасси; 2 — телескопическая стрела; 3 — кабина управления; 4 — поворотная платформа; 5 — силовая установка; 6 — выносная опора

и приборов безопасности. Основным силовым оборудованием кранов-трубоукладчиков служит дизельный двигатель базового тягача. Привод исполнительных механизмов кранов-трубоукладчиков может быть одномоторным (механическим) и многомоторным (гидравлическим), ходовое устройство – гусеничным и пневмоколесным, подвеска стрелы – гибкой или жесткой.

Основные параметры кранов-трубоукладчиков – момент устойчивости и грузоподъемность.

Индекс трубоукладчиков включает буквенную и цифровую части. Первые две буквы индекса ТГ обозначают трубоукладчик гусеничный, ТК – трубоукладчик колесный.

Первые цифры обозначают грузоподъемность трубоукладчика (в т), последняя – порядковый номер данной модели. После цифр в индексе могут стоять буквы, обозначающие очередную модернизацию (А, Б, В, ...) и климатическое исполнение машины (ХЛ – северное, Т – тропическое). Например, индексом ТГ–124А обозначен трубоукладчик грузоподъемностью 12 т, четвертой модели, прошедший первую модернизацию.

Гусеничные краны-трубоукладчики базируются на серийно выпускаемых промышленных гусеничных тракторах трубоукладочных модификаций или на переоборудованных промышленных тракторах.

Грузоподъемное оборудование крана-трубоукладчика (рис. 5.31) монтируется на специальной раме (портале) 10 и включает грузовую неповоротную в плане стрелу 6, механизмы изменения вылета стрелы и подъема груза, контргруз 2 со стрелой и устройством 3 для его откидывания, узлы трансмиссии и управления.

Стрела шарнирно крепится на двух кронштейнах гусеничной тележки или рамы с левой стороны по ходу движения базового трактора 5. Подъем и опускание (изменение вылета) стрелы с гибкой подвеской осуществляются стреловой лебедкой 12 через полиспасть 11 с жесткой подвеской – одним или двумя гидроцилиндрами двойного действия 9. К оголовку стрелы прикреплен подвесная обойма 7, которая совместно с крюковой подвеской 8 и грузовым канатом образует грузовой полиспасть. Способ подвески стрелы определяет конструкцию лебедки трубоукладчика. При гибкой подвеске стрелы лебедка имеет два барабана – стреловой и грузовой. Гидравлический привод механизма изменения вылета стрелы позволяет выполнять лебедки 4 однобарабанными, предназначенными только для подъема–опускания груза.

Для увеличения грузовой устойчивости крана-трубоукладчика при работе с правой стороны машины располагается контргруз с

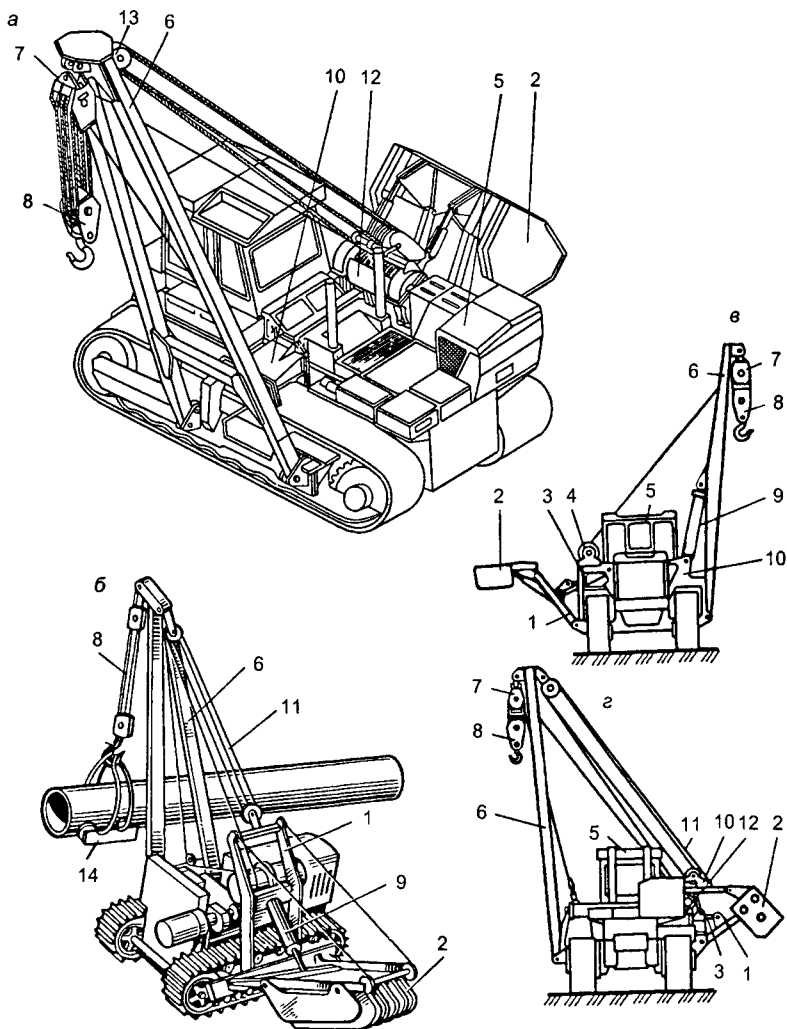


Рис. 5.31. Гусеничные краны-трубоукладчики:

а — общая принципиальная схема; б — подъем краном-трубоукладчиком трубопровода; в, г — соответственно краны-трубоукладчики с право- и левосторонней боковой стрелой; 1, 3 — устройство для откидывания контргруза; 2, 4 — лебедка; 5 — базовый трактор; 6 — стрела; 7 — подвесная обойма; 8 — крюковая подвеска; 9 — гидроцилиндр двойного действия; 10 — рама (портал); 11 — полиспаст; 12 — стреловая лебедка; 13 — блок стрелы; 14 — троллейная подвеска

изменяемым вылетом. Откидывание и возврат (изменение вылета) контргруза производятся, как правило, гидроцилиндром двойного действия, что позволяет фиксировать контргруз в любом промежуточном положении. Механизм откидывания контргруза 2 включает стрелу 1, гидроцилиндр 3.

Колесные трубоукладчики смонтированы на высокопроходимом и высокоманевренном четырехколесном шасси со всеми ведущими колесами и бортовым поворотом машины.

Грузоподъемное оборудование колесных трубоукладчиков (см. рис. 5.31) – однобарабанная лебедка, телескопическая стрела, механизм привода насосов и гидравлическая система. Изменение угла наклона стрелы производится гидроцилиндром. Для изменения длины стрелы служит длинноходовой гидроцилиндр, установленный внутри стрелы.

Телескопическая стрела позволяет эффективно эксплуатировать машину в стесненных городских условиях, при этом длину стрелы можно изменять при наличии груза на крюке.

Преимущества современных кранов-трубоукладчиков (большая сила тяги, хорошая проходимость, незначительное удельное давление на грунт) позволяют вести строительство трубопроводов круглый год в различных климатических условиях, в условиях пересеченной местности, бездорожья и слабых грунтов. Гусеничные ходовые тележки базовых тракторов имеют, как правило, жесткую подвеску, расширенную колею, удлиненную базу, дополнительные бортовые редукторы для повышения тягового усилия, ходоуменьшители для получения «ползучих» скоростей передвижения в диапазоне 0,1–0,6 км/ч. Некоторые модели современных трубоукладчиков имеют специальное гусеничное шасси с изменяемой колеей гусеничного хода, что обеспечивает им повышенный момент устойчивости.

Основным силовым оборудованием кранов-трубоукладчиков служит дизельный двигатель базового трактора. Привод исполнительных механизмов кранов-трубоукладчиков может быть одномоторным (механическим) и многомоторным (гидравлическим). У кранов с механическим приводом подвеска грузовой стрелы гибкая, с гидравлическим – гибкая и жесткая.

Грузоподъемное оборудование крана-трубоукладчика монтируется на специальной раме и включает грузовую неповоротную в плане стрелу А-образной формы, механизмы изменения вылета стрелы и подъема груза, контргруз с устройством для его откидывания, узлы трансмиссии и управления.

Нижний широкий конец стрелы шарнирно крепится на двух кронштейнах гусеничной тележки или рамы с левой стороны по ходу движения машины. Подъем и опускание (изменение вылета) стрелы с гибкой подвеской осуществляется стреловой лебедкой через полиспаст, с жесткой подвеской – силовым гидроцилиндром (гидроцилиндрами) двустороннего действия. Головная часть грузовой стрелы несет грузовой полиспаст с крюковой обоймой. Способ подвески стрелы определяет конструкцию лебедки трубоукладчика. При гибкой подвеске стрелы лебедка имеет два барабана – стреловой и грузовой, установленные на одном валу. Наличие силового гидроцилиндра для изменения вылета стрелы позволяет выполнять лебедки одnobарабанными, предназначенными только для подъема груза.

Промышленностью выпускаются пять моделей кранов-трубоукладчиков с механическим приводом грузоподъемностью 12; 12,5; 15; 20 и 35 т. Трубоукладчики грузоподъемностью 12 и 12,5 т предназначены для укладки в траншею трубопроводов диаметром до 720 мм, грузоподъемностью 15 т – диаметром до 820 мм, грузоподъемностью 15 т – диаметром до 1020 мм, грузоподъемностью 35 т – диаметром до 1020–1420 мм. Трубоукладочное оборудование этих машин аналогично по конструкции и комплектуется двухбарабанными лебедками с индивидуальным механическим приводом каждого барабана и гидравлическими механизмами откидывания контргруза.

Существенными недостатками кранов-трубоукладчиков с механическим приводом являются отсутствие малых (посадочных) скоростей механизмов подъема груза и изменения вылета стрелы, невозможность их плавного пуска и останова, что значительно усложняет выполнение монтажных операций, связанных, например, с центровкой и сваркой труб в единую нитку. Это ограничивает область применения кранов-трубоукладчиков. Указанные недостатки позволяет устранить гидравлический привод трубоукладочного оборудования.

Сейчас серийно выпускаются краны-трубоукладчики с гидравлическим приводом грузоподъемностью 6,3 т для укладки трубопроводов диаметром до 426 мм и грузоподъемностью 50 т для выполнения подъемно-транспортных операций на строительстве магистральных трубопроводов диаметром 1420 мм. Подготавливается к серийному производству трубоукладчик грузоподъемностью 63 т и ведутся работы по созданию машины грузоподъемностью 80 т.

Лебедки этих кранов-трубоукладчиков имеют независимый индивидуальный привод грузового и стрелового барабанов от аксиально-поршневых гидромоторов через цилиндрические редукторы.

Цикл строительного-монтажных работ на линии трубопровода включает в себя сварку труб в плети большой длины, очистку их до металлического блеска от ржавчины и окалины, покрытие очищенной поверхности тонким защитным слоем грунтовки (праймера), наложение изолирующих материалов и укладку трубопровода в траншею.

При очистке и изоляции трубопровода специальными очистными и изоляционными машинами, передвигающимися по нему, он поддерживается кранами-трубоукладчиками на высоте 1,2–1,5 м от поверхности земли при помощи троллейных подвесок.

Такие подвески (рис. 5.32, а, б), подвешиваемые на крюке трубоукладчика с помощью петель, состоят из подвесок и нескольких пар опорных катков. Шарнирная подвеска катков, обеспечивающая контакт всех опорных катков с трубой, снижает удельное давление на трубу. Троллейные подвески оборудуются металлическими коническими катками (рис. 5.32, а) или пневмобаллонными (рис. 5.32, б). Пневмобаллонные обеспечивают плавное перемещение подвески вдоль трубы, предохраняют изоляционное покрытие от повреждений и исключают повреждения труб. При передвижении кранов-трубоукладчиков вдоль поднятого трубопровода передвигаются также и троллейные подвески.

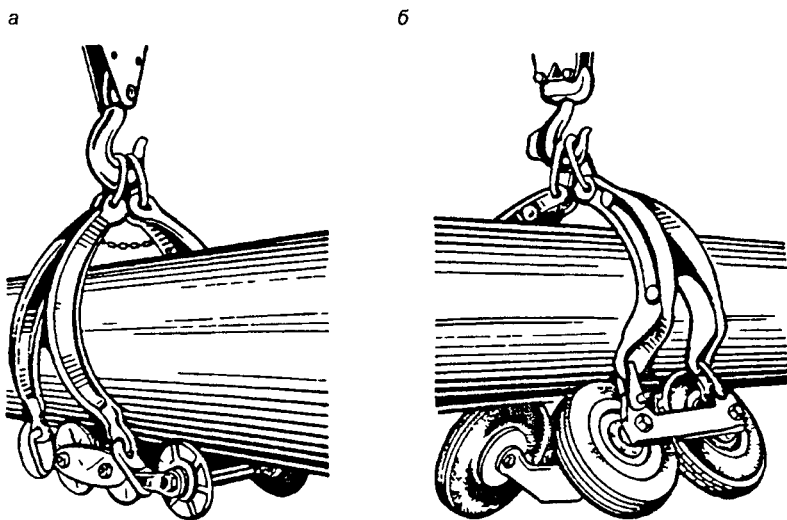


Рис. 5.32. Троллейные подвески:

а — с коническими жесткими катками; б — с пневмобаллонами

Укладка изолированного трубопровода в траншею обычно производится несколькими кранами-трубоукладчиками, размещенными вдоль траншеи на расстоянии 20–25 м друг от друга; два из них выполняют непосредственную укладку, а третий удерживает неукладываемый участок трубопровода от самопроизвольного падения в траншею. Известны два способа производства изоляционно-укладочных работ на трассе – раздельный и совмещенный*.

Необходимая грузоподъемность крана-трубоукладчика, выполняющего поддержание трубопровода (обычно на минимальном вылете стрелы) при сопровождении очистных и изоляционных машин, определяется суммой масс поднимаемого участка трубопровода, подвесок, очистной и изоляционных машин, находящихся на трубопроводе. При укладке изолированного трубопровода в траншею грузоподъемность крана-трубоукладчика определяется массой укладываемого в траншею участка трубопровода на вылете, соответствующем расстоянию от оси траншеи до оси левой гусеницы машины.

Схема колонны кранов-трубоукладчиков на изоляционно-укладочных работах при прокладке магистрального стального водовода показана на рис. 5.33, а. На рис. 5.33 представлены также отдельные виды применяемых кранов-трубоукладчиков.

Кран-трубоукладчик Т-3560М (рис. 5.33, б) гусеничный, грузоподъемностью 35 т при вылете крюка (максимальном) 6,5 м, высоте подъема его при вылете 1,5–5,8 м и глубине опускания от уровня земли – 2 м. Расстояние между осями гусениц – 2500 мм при их ширине – 700 мм, дорожный просвет – 440 мм, габаритные размеры 5221×4900×7860 мм, масса крана 37 т, мощность двигателя – 132 кВт.

Кран-трубоукладчик Т-201 (рис. 5.33, в) тоже гусеничный, грузоподъемностью 20 т при вылете крюка 6 м. Высота подъема крюка при вылете 1,5–6 м, глубина опускания ниже уровня земли – 2 м. Расстояние между осями гусениц – 2500 мм при их ширине – 670 мм, дорожный просвет – 427 мм, габаритные размеры крана – 4800×4200×7275 мм при массе – 28 т, мощность – 117 кВт.

Кран-трубоукладчик ТО-1224Г (рис. 5.51, г), гусеничный, грузоподъемностью 12,5 т, наибольший вылет крюка – 5,5 м, наибольшая высота подъема крюка – 5 м и глубина его опускания – 2,1 м, мощность 117,8 кВт, масса крана – 22,3 т.

* Количество кранов-трубоукладчиков и расстояния между ними, а также размещение очистной и изоляционной машин зависит от диаметра трубопровода и применяемого способа его укладки. Более подробная информация об этом приведена в третьем разделе данного учебника.

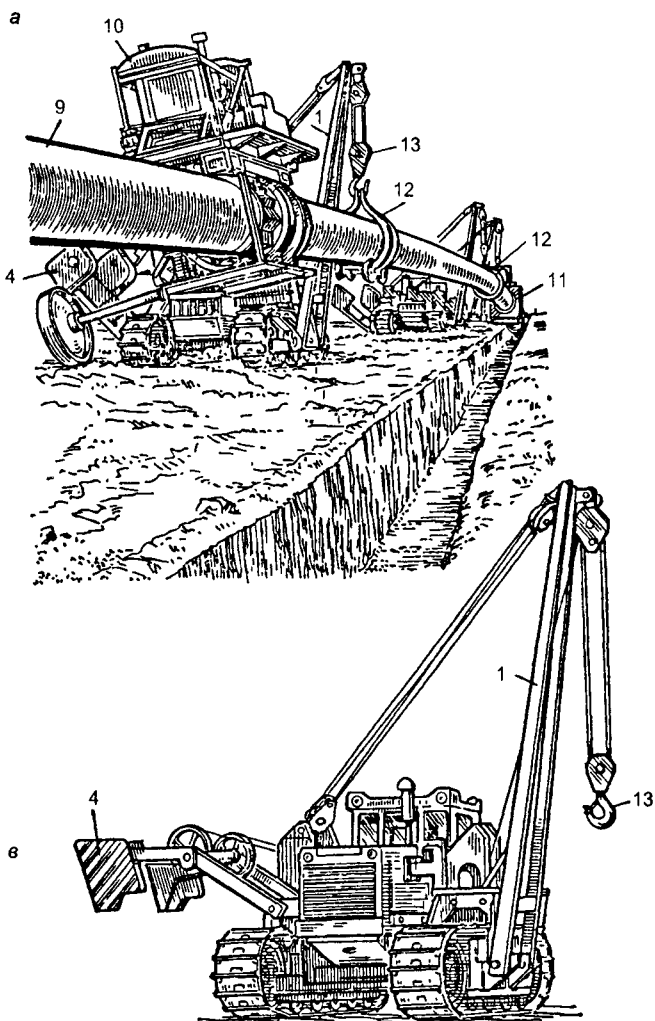


Рис. 5.33. Схемы расстановки кранов-трубоукладчиков на изоляционно-укладочных работах при прокладке магистрального стального водовода (а) и отдельных их типов: кран Т-3560М (б); кран Т-201 (в); кран ТО-1224Г (г):

1 — грузовая стрела; 2 — двигатель; 3 — лебедка; 4 — контргруз; 5 — верхняя рама; 6 — ходовое устройство; 7 — силовая передача; 8 — механизм отбора мощности; 9 — трубопровод; 10 — очистная машина; 11 — изоляционная машина; 12 — троллейные подвески; 13 — крюковая подвеска

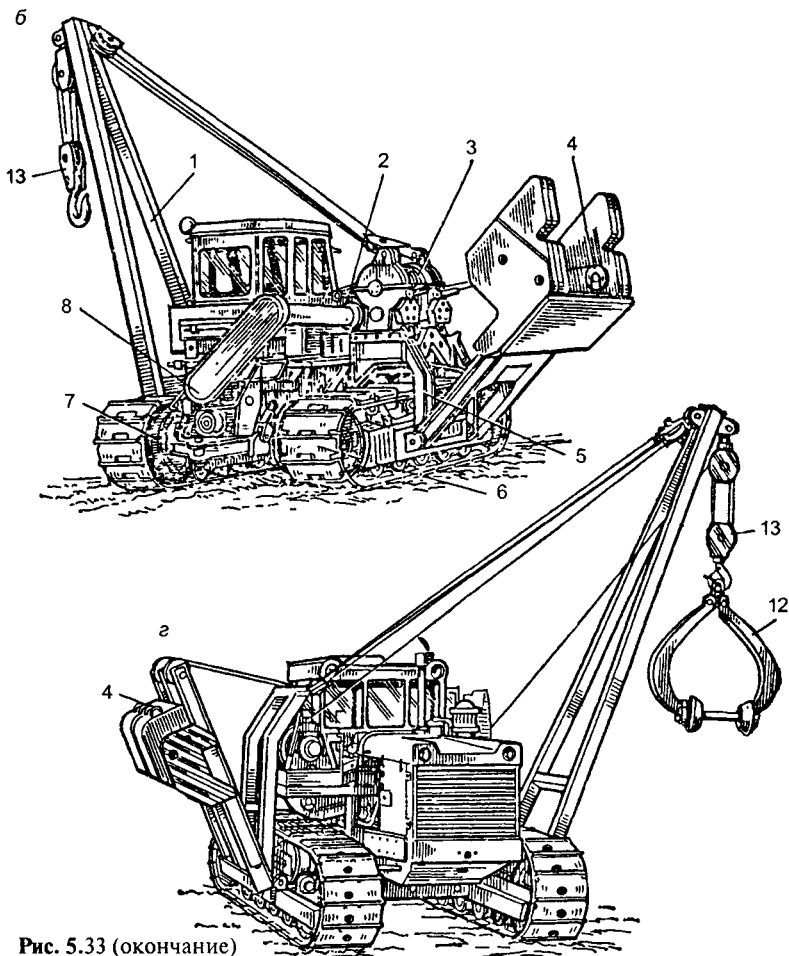


Рис. 5.33 (окончание)

Устойчивость кранов. Устойчивость передвижных кранов против опрокидывания обеспечивается их собственной массой и проверяется по правилам Госгортехнадзора в рабочем и нерабочем состояниях. Различают грузовую и собственную устойчивость.

Грузовая устойчивость характеризует устойчивость крана с подвешенным грузом (и откинутым противовесом у кранов-трубоукладчиков) при возможном опрокидывании его в сторону груза.

Собственная устойчивость характеризует устойчивость крана в нерабочем состоянии (без рабочего груза) при возможном опрокидывании его в сторону противовесной части крана (контргруза).

Показателем степени устойчивости является коэффициент устойчивости. Коэффициент грузовой устойчивости K_1 представляет собой отношение восстанавливающего момента $M_{\text{в}}$, создаваемого массой всех частей крана с учетом ряда дополнительных нагрузок (ветровая нагрузка, инерционные силы, возникающие при пуске или торможении исполнительных механизмов, вращении поворотной платформы и передвижения крана), а также влияния наибольшего допускаемого при работе крана уклона площадки или подкранового пути (до 2° для башенных кранов, до 3° для самоходных стреловых кранов и до 7° для кранов-трубоукладчиков), к опрокидывающему моменту $M_{\text{о}}$, создаваемому массой рабочего груза.

Определение опрокидывающего и восстанавливающего момента производится относительно ребра опрокидывания (головки рельса подкранового пути для башенных кранов, точек касания опорных домкратов аутригеров с подпятниками опор для стреловых самоходных кранов на пневмоходу, края катка левой гусеницы для кранов-трубоукладчиков и т.п.).

Числовое значение коэффициента грузовой устойчивости крана подсчитывается при расположении стрелы в плане перпендикулярно ребру опрокидывания.

Коэффициент запаса собственной устойчивости. Собственной устойчивостью трубоукладчика называется его способность при незагруженной грузовой стреле противостоять опрокидывающему действию силы тяжести (веса) контргруза. Эта величина постоянна на каждой модели трубоукладчика.

Условием обеспечения собственной устойчивости трубоукладчика является соблюдение определенного отношения между моментом силы тяжести G_1 , действующим (согласно рис. 5.34) слева, и моментом силы тяжести G_2 , действующим справа относительно контргрузового ребра возможного опрокидывания:

$$G_2 l_2 / G_1 l_1 \geq K_1,$$

где l_1 и l_2 – удаление (плечи) центров тяжести снаряженной ходовой части и контргруза от контргрузового ребра при расположении трубоукладчика на максимально допустимом поперечном уклоне ϑ в сторону контргруза; K_1 – коэффициент запаса собственной устойчивости трубоукладчика.

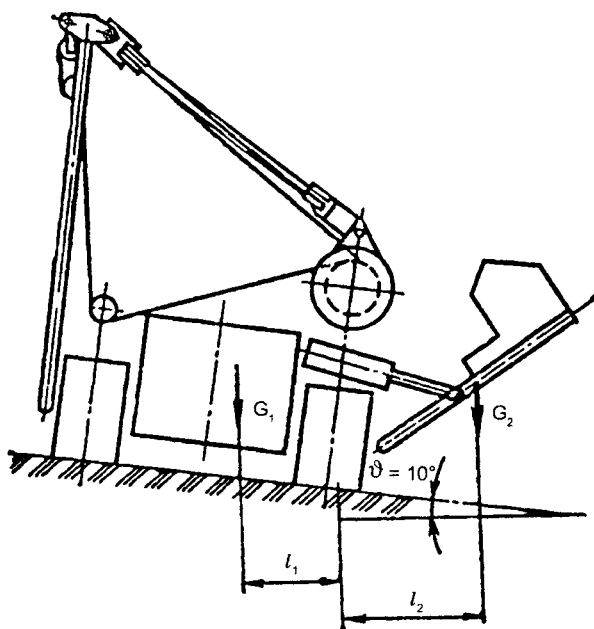


Рис. 5.34. Схема к расчету собственной устойчивости трубоукладчика

Собственная устойчивость трубоукладчика считается обеспеченной, если он с незагруженной и придвинутой грузовой стрелой и полностью откинутым контргрузом помещен на уклоне $\vartheta = 10^\circ$ в сторону контргруза и имеет при том не менее 15%-го запаса собственной устойчивости, т.е. $K_s \geq 1,15$.

Эксплуатационная производительность кранов (в т/ч)

$$P_s = QnK_rK_b,$$

где Q – номинальная грузоподъемность крана на данном вылете стрелы, т; K_r – коэффициент использования крана по грузоподъемности ($K_r = 0,5-0,9$); K_b – коэффициент использования крана по времени ($K_b = 0,7-0,85$); n – число циклов работы в час ($n = 3600/t_{ц}$, где $t_{ц}$ – продолжительность цикла, с).

ГЛАВА 6. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БЕТОННЫХ РАБОТ

6.1. МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

Для приготовления бетонных и растворных смесей применяют **смесительные машины**, основным узлом которых является смесительный барабан (чаша) определенной вместимости. Процесс приготовления смесей состоит из ряда последовательно выполняемых операций: загрузки в смесительную машину отдозированных компонентов – вяжущих и заполнителей, перемешивания компонентов с добавлением определенной дозы воды и выгрузки из машины готовой смеси бетона или раствора.

Смесительные машины классифицируются: а) по назначению – на бетоносмесители для приготовления бетонных смесей и растворо-смесители для приготовления растворных смесей (строительных растворов); б) по способу перемешивания материалов в смесительном барабане – с перемешиванием при свободном падении материалов (гравитационные) и с принудительным перемешиванием; в) по характеру работы – периодического (циклического) и непрерывного действия; г) по форме смесительного барабана – с грушевидным, двухконусным, чашевидным и корытообразным с лопастными горизонтальными валами; д) по способу установки – на передвижные и стационарные.

Перемешивание при свободном падении материалов производится во вращающемся относительно горизонтальной или наклонной оси барабане, на внутренней поверхности которого укреплены лопасти (рис. 6.1, а); лопасти непрерывно захватывают, поднимают и сбрасывают вниз потоки компонентов смеси, при столкновении которых происходит смешивание. Частота вращения барабанов гравитационных смесителей не превышает 20 об/мин во избежание возникновения больших центробежных сил, препятствующих свободной циркуляции потоков смеси внутри барабана.

Принудительное перемешивание материалов производится лопастным валом (рис. 6.1, б), ротором с лопастями (рис. 6.1, в), двумя лопастными валами (рис. 6.1, г), вращающимися в неподвижном барабане или чаше.

В смесительных машинах периодического действия загрузка компонентов, их перемешивание и выгрузка готовой смеси производятся

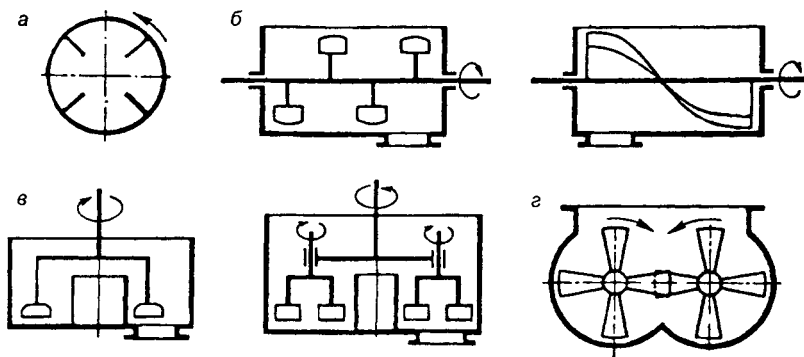


Рис. 6.1. Схемы перемешивания материалов в смесительных машинах

определенными порциями, причем очередная порция компонентов загружается в смеситель только тогда, когда из него будет выгружена уже приготовленная порция раствора или бетонной смеси.

В смесительных машинах непрерывного действия поступление компонентов в смесительный барабан, их перемешивание и выгрузка готовой смеси производятся одновременно и непрерывно.

Основным параметром смесительных машин циклического действия является объем готовой смеси, получаемый за один замес, а машин непрерывного действия – часовая производительность по приготовленной смеси (в м³/ч).

6.1.1. БЕТНОСМЕСИТЕЛИ

Промышленность выпускает: передвижные и стационарные бетоносмесители циклического действия – гравитационные с объемом готового замеса 65–3000 л и принудительного действия с объемом готового замеса 165–1000 л; бетоносмесители непрерывного действия с принудительным перемешиванием материалов производительностью 5–60 м³/ч и гравитационные производительностью 120 м³/ч; все они выполняются стационарными, за исключением бетоносмесителя первого типоразмера.

Высокопроизводительные стационарные бетоносмесители применяют при оборудовании автоматизированных бетонных заводов, предназначенных для снабжения товарным бетоном крупных строек и рассчитанных на длительную эксплуатацию, а передвижные – для приготовления бетонных смесей непосредственно в построечных

условиях и на бетоносмесительных узлах небольшой производительности.

Гравитационные циклические бетоносмесители предназначены для приготовления пластичных бетонных смесей. Основными узлами передвижного гравитационного бетоносмесителя с объемом готового замеса 65 л являются грушевидный смесительный барабан, двигатель, редуктор, механизм поворота (наклона) барабана с фиксирующим устройством и рама, снабженная колесным ходом.

К внутренней поверхности барабана прикреплены сменные смесительные лопасти, которые помимо смешивания компонентов способствуют быстрой выгрузке готовой бетонной смеси из барабана. Смесительный барабан приводится во вращение от двигателя (электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания) через клиноременную передачу и двухступенчатый редуктор; причем барабан жестко закреплен на тихоходном валу редуктора.

При загрузке исходными материалами и их смешивании барабан наклонен к горизонту под углом 12° , а при выгрузке готовой смеси — под углом 40° . Выгружают готовую смесь, опрокидывая вращающийся барабан отверстием вниз.

На рис. 6.2 показан такого типа серийно изготавливаемый бетоносмеситель СБ-116А. Он предназначен для приготовления бетонной смеси при крупности заполнителя до 40 мм. Состоит из смесительного барабана, редуктора, механизма поворота и фиксации барабана,

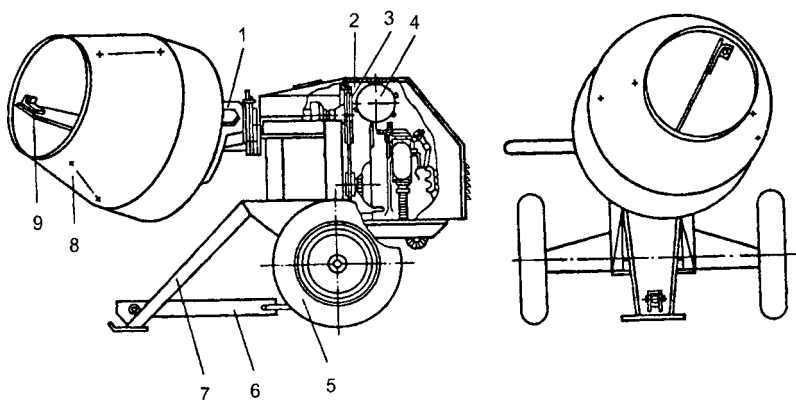


Рис. 6.2. Бетоносмеситель СБ-116А:

1 — редуктор; 2 — кожух; 3 — клиновой ремень; 4 — двигатель 2СД-М1-11; 5 — колесо; 6 — дышло; 7 — рама; 8 — смесительный барабан; 9 — лопасть

рамы с ходовой частью на пневматических колесах. Верхняя часть стального барабана вместимостью 65 л имеет форму усеченного конуса, нижняя — цилиндра, в днище которого вварена втулка для посадки на вал редуктора.

К стенкам барабана на болтах прикреплены лопасти, которые можно быстро заменить при износе. Редуктор со смесительным барабаном поворачивается вокруг своей оси на подшипниках, изменяя положение оси барабана. Смесителем управляют вручную при помощи рукоятки на редукторе и фиксируют штырем, который входит в отверстие кронштейна на раме. Привод вращения смесительного барабана осуществляется от двигателя внутреннего сгорания через клиноременную передачу.

В бетоносмесители с объемом готового замеса 65 л материал загружают вручную, они не имеют дозирующих устройств и способны выдавать до 3 м³/ч смеси при частоте вращения барабана 23 об/мин и мощности двигателя 0,6 кВт.

Передвижной гравитационный бетоносмеситель с объемом замеса 165 л (рис. 6.3) оборудован ковшовым (скиповым) подъемником с индивидуальным приводом для загрузки отдозированных сухих

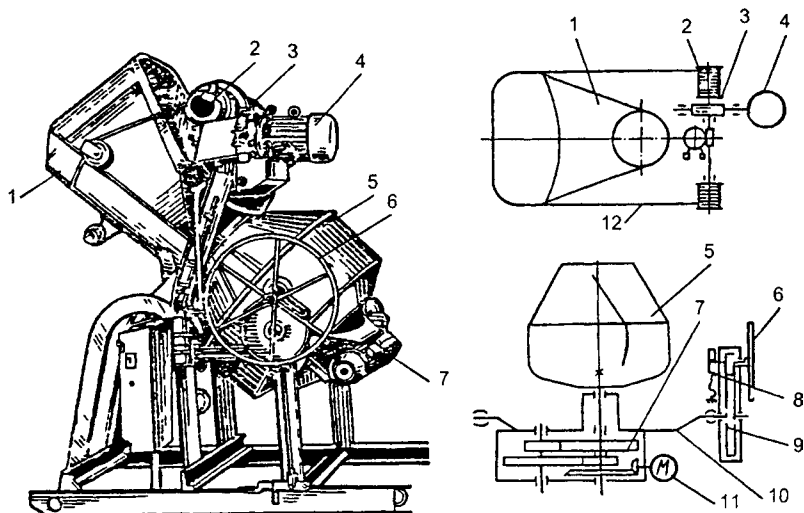


Рис. 6.3. Циклический гравитационный бетоносмеситель с объемом готового замеса 165 л:

а — общий вид; б — кинематическая схема

компонентов смеси в барабан и вододозировочным устройством для отмеривания дозы воды на замес.

Смесительный барабан 5 грушевидной формы имеет одно загрузочно-выгрузочное отверстие. К внутренним стенкам барабана прикреплены смешивающие лопасти. Барабан жестко закреплен на выходном валу трехступенчатого цилиндрико-конического редуктора 7 с приводом от фланцевого электродвигателя 11. Механизм вращения барабана смонтирован в траверсе 10. Траверсу, а вместе с ней и смесительный барабан в положение загрузки, перемешивания, выгрузки поворачивают вокруг горизонтальной оси вручную при помощи штурвала 6 через одноступенчатый редуктор 9. Удержание барабана в различных положениях обеспечивается фиксирующим устройством 8.

Перемешивание компонентов производится при наклонном положении оси барабана, а выгрузка готовой смеси – путем опрокидывания вращающегося барабана отверстием вниз. Загрузка сухих компонентов в смесительный барабан производится скиповым загрузочным ковшом 1. Подъем и опускание ковша осуществляются с помощью лебедки, установленной на раме машины и состоящей из двух подъемных барабанов 2, закрепленных на горизонтальном валу, самотормозящегося червячного редуктора 3 и фланцевого электродвигателя 4. На барабанах скиповой лебедки закреплены концы стального каната 12, охватывающего загрузочный ковш. При навивании каната на барабаны ковш с компонентами поднимается по направляющим рамы в крайнее верхнее положение и разгружается в смеситель путем опрокидывания. Привод механизма подъема ковша имеет два концевых выключателя, автоматически отключающих электродвигатель в крайних положениях ковша.

Бетоносмеситель выдает до 6 м³ смеси в час, имеет частоту вращения смесительного барабана 20 об/мин и мощность электродвигателя привода вращения барабана 1,0 кВт.

Циклические бетоносмесители принудительного действия предназначены для приготовления мелкозернистых и жестких бетонных смесей, а также различных строительных растворов.

В настоящее время широкое применение получили бетоносмесители роторного типа, выпускаемые с объемом готового замеса 165, 330, 500 и 600 л, и планетарно-роторные с объемом замеса 1000 л.

Принцип действия роторных бетоносмесителей (рис. 6.4, а) основан на перемешивании смеси вращающимся ротором 2 с лопастями 3 в кольцевом смесительном пространстве неподвижной чаши 1. Лопасти прикреплены к ротору с помощью амортизаторов на разном удалении от оси вращения, а их рабочие поверхности расположены под

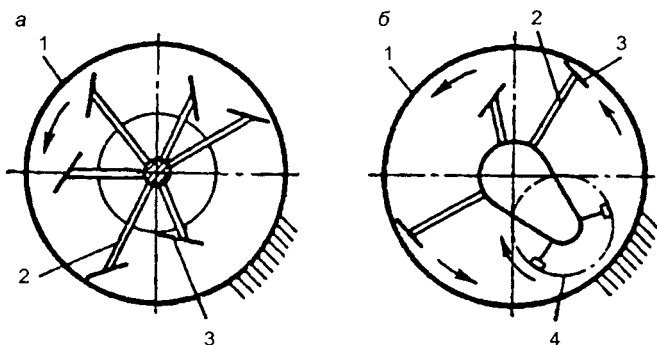


Рис. 6.4. Принципиальные схемы циклических бетоносмесителей принудительного действия

различными углами к траектории движения лопастей. Такая схема установки лопастей, создающих при своем движении продольные и поперечные потоки смешиваемых компонентов, обеспечивает интенсивное и качественное перемешивание смеси любой консистенции.

В планетарно-роторных смесителях (рис. 6.4, б) перемешивание компонентов смеси осуществляется также в неподвижной чаше 1 лопастным ротором и дополнительно лопастями 4, вращающимися в противоположную сторону относительно собственной оси, движущейся вокруг оси ротора 2.

Роторные и планетарно-роторные бетоносмесители разгружаются через люк в днище чаши, закрываемый во время перемешивания затвором.

Передвижные роторные бетоносмесители с объемом готового замеса 165 л имеют диаметр смесительной чаши 1250 мм, частоту вращения ротора 31–35 об/мин и мощность электродвигателя привода, 5–5,5 кВт. Роторные циклические бетоносмесители с объемом готового замеса 330 и 500 л аналогичны по конструкции описанной выше машине и отличаются от нее диаметром смесителя, числом лопастей и мощностью приводного электродвигателя. Они выполняются стационарными и входят в комплект бетоносмесительных установок.

Бетоносмесители с принудительным перемешиванием материалов непрерывного действия предназначены для приготовления жестких и подвижных бетонных смесей с максимальной крупностью заполнителя 40 мм, а также всевозможных растворов. Принудительные бетоносмесители непрерывного действия (рис. 6.5) однотипны по конструкции

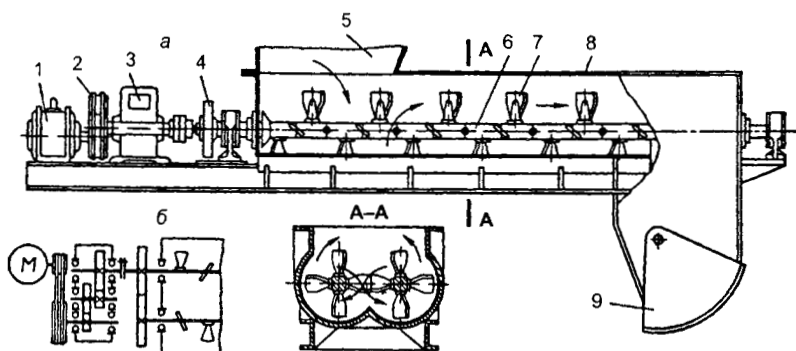


Рис. 6.5. Двухвалый бетоносмеситель непрерывного действия:

а — общий вид; б — кинематическая схема

и различаются производительностью, размерами и формами рабочих органов. Они состоят из горизонтально расположенного барабана 8 корытообразного сечения, внутри которого расположены два лопастных вала 6, вращающиеся с одинаковой угловой скоростью в различных направлениях. Литые стальные лопасти 7 валов расположены по винтовым линиям, что обеспечивает передвижение перемешиваемых компонентов смеси вдоль оси смесителя и равномерное распределение их между собой. Отдозированные сухие и жидкие исходные компоненты поступают непрерывным потоком в смеситель через загрузочный лоток 5. Готовая смесь выгружается с противоположной стороны смесителя через разгрузочный затвор 9.

Привод лопастных валов смесителя осуществляется от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 2 и двухступенчатый цилиндрический редуктор 3. Вращение второму валу передается открытой зубчатой парой 4. Частота вращения валов составляет 40–65 об/мин.

Двухвалынные смесители входят в комплект бетоносмесительных установок непрерывного действия производительностью 5, 30 и 60 м³, однако они могут работать и циклически. При непрерывном процессе затвор 9 открыт постоянно, а при циклическом — на период разгрузки. Бетоносмесительные установки производительностью 5 м³/ч выпускаются передвижными и применяются для приготовления низкомарочных бетонов и строительных растворов на рассредоточенных объектах с небольшими объемами работ. Установки большей производительности — стационарные.

Ниже рассмотрим некоторые примеры применяемых серийно выпускаемых бетономесителей.

Бетономеситель СБ-16Г (рис. 6.6) предназначен для приготовления бетонных смесей различных марок. Он представляет собой стационарную машину циклического действия, состоящую из рамы, траверсы, смесительного барабана, гидропрокидывателя, скипового подъемника, механизма подъема и опускания ковша, системы водопитания и электрооборудования.

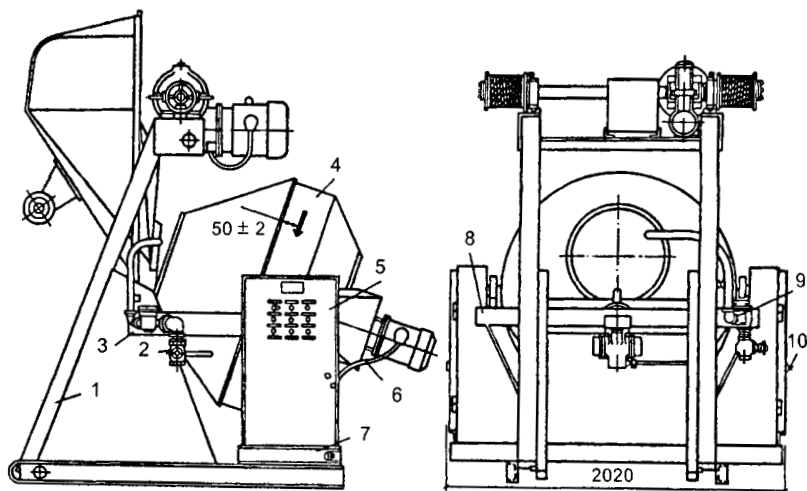


Рис. 6.6. Бетономеситель СБ-16Г:

1 — скип; 2 — вододозировочная система; 3 — правый швеллер в сборе; 4 — смеситель в сборе; 5 — дверца электрошкафа; 6 — электрооборудование; 7 — рама смесителя; 8 — левый швеллер в сборе; 9 — система водопитания; 10 — ключ

Смесительный барабан выполнен из листовой стали. Верхняя часть его имеет форму усеченного конуса, нижняя — цилиндра, в днище которого вварена втулка для посадки на вал редуктора. К стенкам барабана прикреплены лопасти (3 с помощью болтов, а 3 приварены). Опрокидывание смесительного барабана осуществляется гидропрокидывателем, состоящим из гидроцилиндра, рычага, гидропривода и гидрораспределителя управления.

Бетономеситель СБ-91Б (рис. 6.7) вместимостью по замесу 500 л предназначен для приготовления подвижных бетонных смесей в

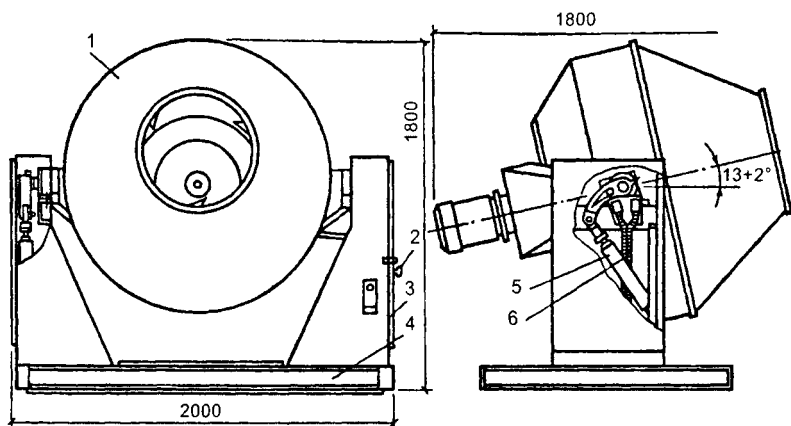


Рис. 6.7. Бетоносмеситель СБ-91Б:

1 — смеситель в сборе; 2 — ключ; 3 — дверь в сборе; 4 — рама бетоносмесителя; 5 — гидроопрокидыватель; 6 — электрооборудование

технологических линиях бетонных заводов и бетоносмесительных установках. Он может быть установлен как в рабочих помещениях, так и на открытых площадках под навесом. Основным оборудованием бетоносмесителя являются: рама, смесительный барабан, траверса, гидроопрокидыватель, механизмы вращения и опрокидывания смесительного барабана, электрооборудование, состоящее из аппаратуры пуска, защиты и управления.

Перевод барабана из положения приготовления смеси в положение выгрузки (и обратно) осуществляется поворотом траверсы (вместе с барабаном и редуктором) гидроцилиндром через рычаг.

Бетоносмеситель СБ-133А (рис. 6.8) принудительного действия, циклический турбулентный передвижной предназначен для приготовления бетонных смесей с осадкой конуса 3 см и строительных растворов подвижностью 4 см. Основное оборудование его — это ротор, неподвижный бак, разгрузочное устройство и электродвигатель.

Вращение ротора осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу. В процессе вращения ротор отбрасывает смесь к конусной части бака. Две лопатки на стенке бака тормозят движение смеси и направляют ее спирально вверх, откуда смесь, падая на ротор, вновь вовлекается в движение. Разгрузочное устройство находится в нижней части бака.

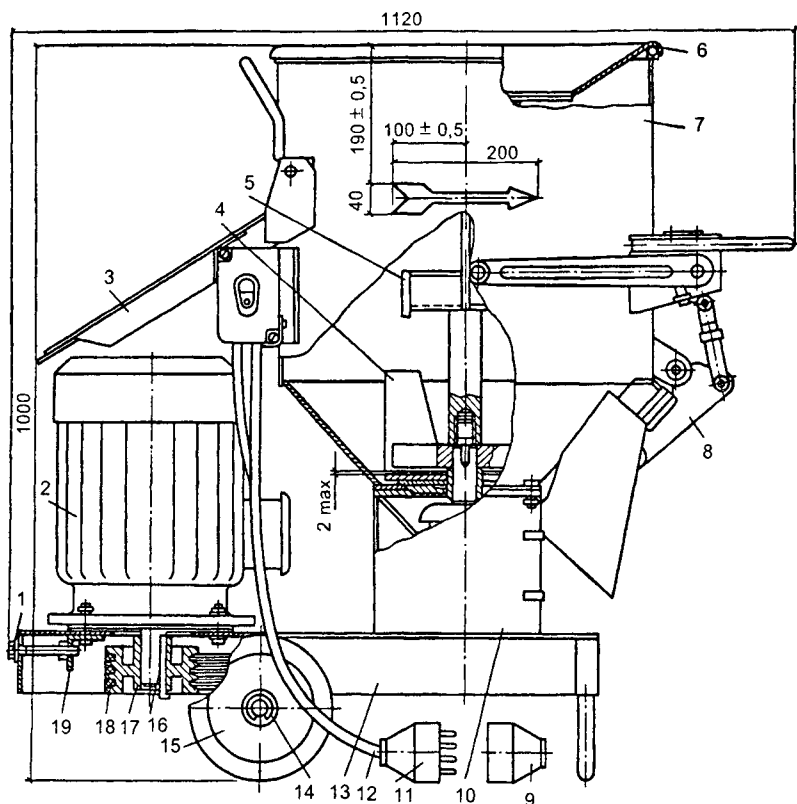


Рис. 6.8. Бетономеситель СБ-133А:

1 — натяжной болт; 2 — электродвигатель; 3 — щиток; 4 — ротор; 5 — лопасть; 6 — крышка; 7 — бак; 8 — выгрузочное устройство; 9 — розетка; 10 — ограждение; 11 — вилка; 12 — кабель; 13 — основание с приводным валом; 14 — стопорное кольцо; 15 — колесо; 16 — вал электродвигателя; 17 — шкив; 18 — ремень; 19 — салазки

Смеситель загружается при включенном электродвигателе и в строгой последовательности: вода, цемент, заполнители, причем равномерно, не менее чем за 30 с. При более быстрой подаче заполнителей может заклинить ротор и даже его остановить.

Бетономесительная установка СБ-134 (рис. 6.9) предназначена для приготовления подвижных бетонных смесей на строящихся объектах, на открытых площадках, при температурах окружающей среды не

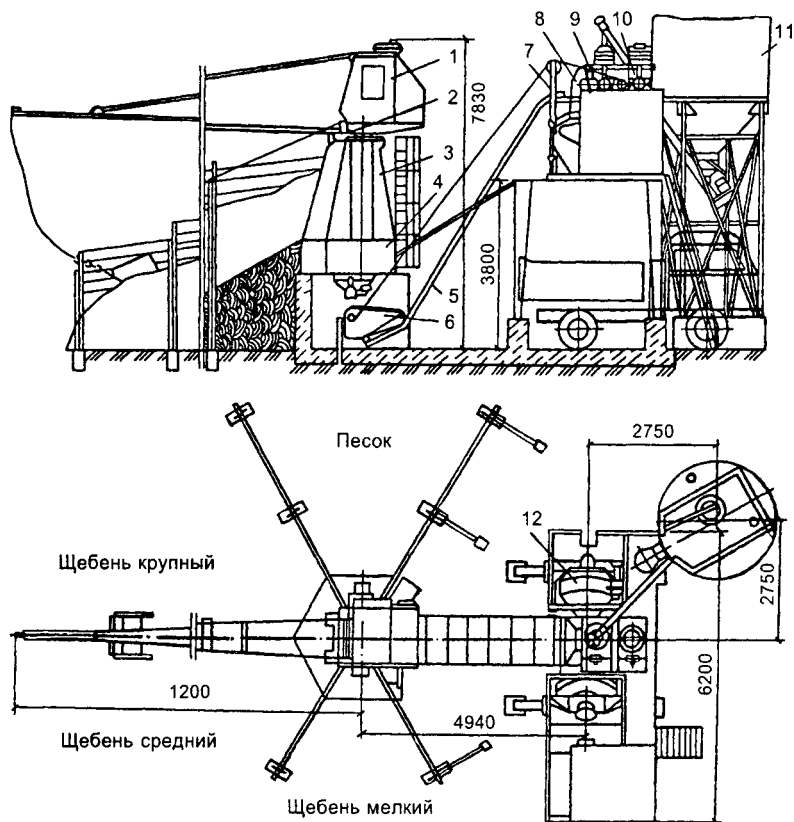


Рис. 6.9. Бетоносмесительная установка СБ-134:

1 — кабина с электрооборудованием; 2 — поворотная платформа; 3 — секторный распределитель; 4 — склад заполнителей; 5 — направляющая; 6 — загрузочный ковш; 7 — дозатор цемента; 8 — дозатор воды; 9 — скреперный привод; 10 — вибратор; 11 — склад цемента; 12 — бетоносмеситель

ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Установка оснащена двумя циклическими бетоносмесителями гравитационного действия и монтируется из укрупненных сборочных единиц, основными из которых являются: смесительно-дозировочный блок; склад цемента; шнековый питатель; стреловой скрепер; секторный распределитель; склад заполнителей. Смесительно-дозировочный блок состоит из рамы, дозатора цемента, дозатора

воды, механизма подъема загрузочного ковша, распределительной воронки, установки бетоносмесителей и кабины оператора с пультом управления.

Дозатор цемента (ДЦ) и дозатор жидкости (ДЖ) унифицированы и различаются только конструкцией затворов.

Работа бетоносмесительной установки начинается с заполнения секторного распределителя инертными материалами и с цементного склада цементом. Подача инертных материалов осуществляется скреперным ковшом на стреле и лебедкой, управляемой рычагами.

6.1.2. РАСТВОРОСМЕСИТЕЛИ

Они предназначены для приготовления строительных растворов (цементных, известковых, глиняных, гипсовых, шлаковых и сложных) при выполнении каменных, изоляционных, штукатурных, монтажных и кровельных работ.

Принцип действия растворосмесителей основан на принудительном перемешивании компонентов раствора в барабане.

Промышленностью выпускаются лопастные растворосмесители с объемом готового замеса 30, 80, 250 л и турбулентные с объемом замеса 65, 800 и 1800 л. Все модели лопастных растворосмесителей и турбулентный смеситель с объемом готового замеса 65 л выполняются передвижными и используются как самостоятельные машины. Турбулентные растворосмесители с объемом готового замеса 800 и 1800 л выполняются стационарными и входят в комплект автоматизированных раствороузлов.

При небольшой потребности в растворе (до 2,5–3,0 м³/ч) применяют лопастные и турбулентные передвижные смесители с объемом готового замеса до 80 л. Эти растворосмесители не имеют устройств для дозирования и механической загрузки компонентов.

Турбулентный растворосмеситель с объемом готового замеса 65 л (рис. 6.10) предназначен для приготовления подвижных растворов, а также пластичных бетонных смесей с заполнителями крупностью до 30–40 мм. Смеситель представляет собой неподвижный бак 4, внутри которого установлен ротор 5, получающий вращение от электродвигателя 6 через клиноременную передачу 1. Бак и электродвигатель смонтированы на корытообразном основании 7. Исходные материалы, загружаемые в бак сверху, попадают на ротор 5, представляющий собой колесо с лопатками.

При вращении ротора с частотой 550 об/мин лопатки отбрасывают составляющие смеси к стенкам конической части бака. Две лопасти,

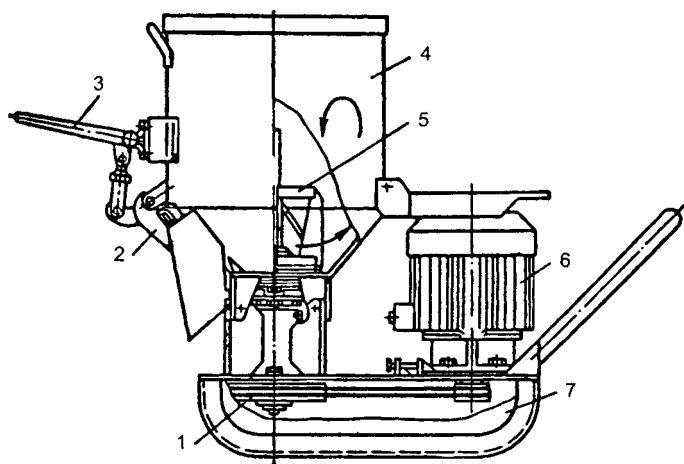


Рис. 6.10. Передвижной турбулентный растворосмеситель с объемом готового замеса 65 л

прикрепленные к стенкам бака, тормозят круговое движение смешиваемой массы и, направляя смесь вверх по спирали, образуют в баке спиральные потоки.

Интенсивное движение материалов позволяет получать смесь большой однородности за относительно малое время. Продолжительность перемешивания после окончания загрузки не превышает 30 с. Готовая смесь выгружается через люк в конической части бака. Производительность смесителя по готовому раствору составляет 2,0–2,6 м³/ч, мощность двигателя 3,0 кВт.

На рис. 6.11 показана кинематическая схема лопастного растворосмесителя с объемом готового замеса 80 л. Машина имеет три основных узла: чашу-тачку I, представляющую собой цилиндрическую чашу 2, смонтированную на тачке 1; смеситель II, состоящий из вертикального лопастного вала 5, фланцевого электродвигателя 7, трехступенчатого цилиндрического редуктора 6, неподвижной лопасти 3 и ограждения 4; тележку III, имеющую колеса 10, фиксаторы-ловушки II для установки чаши-тачки и шкаф электрооборудования 9. При вращении лопастного вала, смещенного относительно центра чаши, движущаяся смесь увлекает за собой чашу, вращающуюся вокруг своей оси в опоре 12. Частота вращения чаши регулируется отклонением неподвижной лопасти 3, шарнирно соединенной с корпусом редуктора 6 привода. Лопасть 3 создает нуж-

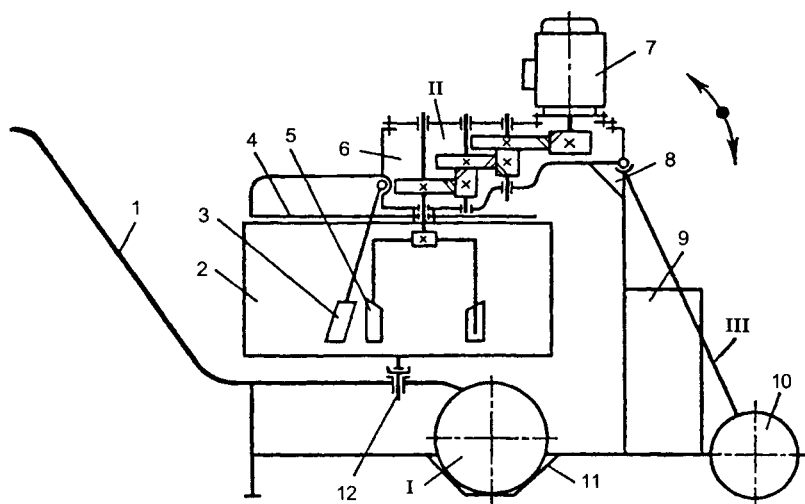


Рис. 6.11. Кинематическая схема лопастного растворосмесителя с объемом готового замеса 80 л

ное направление потоков смеси и способствует лучшему перемешиванию компонентов.

Привод шарнирно подвешен к раме одноосной тележки *III*, что позволяет поднимать лопастной вал по окончании цикла перемешивания и перемещать чашу с готовым замесом на тачке *I*. Рабочее положение лопастей фиксируется упором *8*.

Техническая производительность смесителя составляет 1,2–1,5 м³/ч, продолжительность цикла перемешивания – 1,5–2 мин, частота вращения лопастного вала – 67 об/мин, чаши – 12 об/мин, мощность электродвигателя – 1,5 кВт.

Передвижной лопастной растворосмеситель с объемом готового замеса 250 л состоит из барабана полуцилиндрической формы с затвором, смесительного устройства, скипового подъемника, системы водопитания с дозировочным устройством и привода. Все узлы растворосмесителя смонтированы на сварной раме, снабженной ходовой частью.

Перемешивание компонентов смеси осуществляется горизонтальным валом с восемью лопастями лопаточного типа. Техническая производительность растворосмесителя составляет 10 м³/ч при частоте вращения смесительного вала 34 об/мин и мощности электродвигателя 5,5 кВт.

Производительность смесительных машин циклического действия как гравитационным, так и с принудительным смешиванием (в м³/ч)

$$\Pi = V_{\text{зам}} n / 1000,$$

где $V_{\text{зам}}$ – объем готовой смеси в одном замесе, л; n – число замесов, выдаваемых смесителем в течение одного часа;

$$n = 3600 / t_{\text{ц}},$$

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла, с;

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3,$$

t_1 – время загрузки (при бункерном питании смесителя, $t_1 = 10$ – 15 с, при подаче скиповым ковшом, $t_1 = 15$ – 20 с); t_2 – время перемешивания (в зависимости от свойств смеси и типа смесителя $t_2 = 30$ – 200 с); t_3 – время разгрузки (для различных типов смесителей $t_3 = 10$ – 30 с).

Объем готовой смеси в одном замесе $V_{\text{зам}}$ зависит от вместимости смесительного барабана по загрузке составляющих $V_{\text{бар}}$ (полезного объема барабана) и от коэффициента выхода f готовой смеси:

$$V_{\text{зам}} = V_{\text{бар}} f.$$

Для бетонных смесей $f = 0,65$ – $0,70$, для растворов $f = 0,75$ – $0,85$.

Производительность двухвальных лопастных бетоносмесителей непрерывного действия с принудительным смешиванием составляющих (в м³/ч)

$$\Pi = 3600 F v,$$

где F – средняя площадь поперечного сечения потока смеси, перемешивающейся в барабане смесителя, м²; v – скорость перемещения смеси в направлении продольной оси барабана, м/с.

Площадь поперечного сечения (в м²)

$$F = K \frac{\pi d^2}{4},$$

где d – диаметр лопастей смесителя, м; K – коэффициент наполнения барабана ($K = 0,28$ – $0,34$).

6.2. МАШИНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

Для перевозки на большие расстояния (до 10 км и более) товарных бетонных и растворных смесей применяют специализированные транспортные средства на базе грузовых автомобилей – автобетоносмесители, автобетоновозы и авторастворовозы. Они оснащены специальным оборудованием для сохранения качества смесей в пути следования.

Транспортирование смесей в пределах строительной площадки наиболее эффективно осуществляется средствами трубопроводного транспорта – бетононасосами, бетононагнетателями, растворонасосами. При транспортировании по трубам сохраняется качество смеси и сводятся к минимуму ее потери.

Попытки использовать для транспортирования бетонной смеси и строительных растворов обычные автосамосвалы различной вместимости не были удачными в силу существенных их недостатков, включая потери смесей по пути следования, ухудшение их консистенции в жаркую погоду, зимний период и др.

Поэтому в последние годы для этих целей все чаще применяют специализированные средства автомобильного транспорта, в том числе бетоно- и растворовозы, автобетоносмесители (миксеры) и т.п.

6.2.1. БЕТОНОВОЗЫ

Эти машины представляют собой опрокидную специализированную емкость каплеобразной формы с высокими бортами, установленную на шасси грузового автомобиля, (рис. 6.12) и предназначен для перевозки качественной бетонной смеси на большие расстояния. Емкость 1 автобетоновоза сужена к разгрузочному отверстию и имеет жестко укрепленный крутонаклоненный задний борт. Сверху емкость закрывается крышкой, предохраняющей смесь от увлажнения при атмосферных осадках и высыхания при высокой температуре воздуха. Для сохранения температуры смеси в

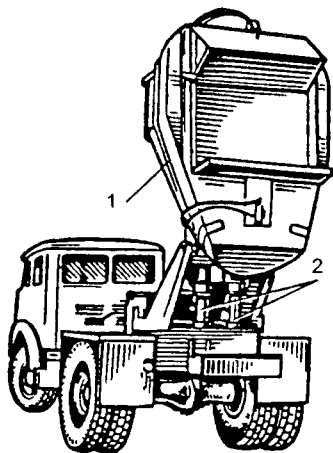


Рис. 6.12. Автобетоновоз

холодное время года емкость имеет двойные стенки, между которыми циркулируют выхлопные газы автомобиля. Разгрузка емкости осуществляется ее опрокидыванием (как у самосвала) с помощью двух телескопических гидроцилиндров 2. Угол наклона днища емкости при разгрузке составляет 90° , что обеспечивает практически полную выгрузку бетонной смеси. Геометрическая вместимость автобетоновозов составляет $2,8 \text{ м}^3$, а полезная — $1,6 \text{ м}^3$.

На рис. 6.13 показан пример автобетоновоза на базе автомобиля ЗИЛ-ММЗ-553. Они отличаются от автомобиля-самосвала устройством кузова, который выполнен в форме гондолы (мульды) с крутонаклоненной задней стенкой. Угол наклона кузова к горизонту достигает 80° , а задней стенки — 48° . Кузов размещен на шасси ав-

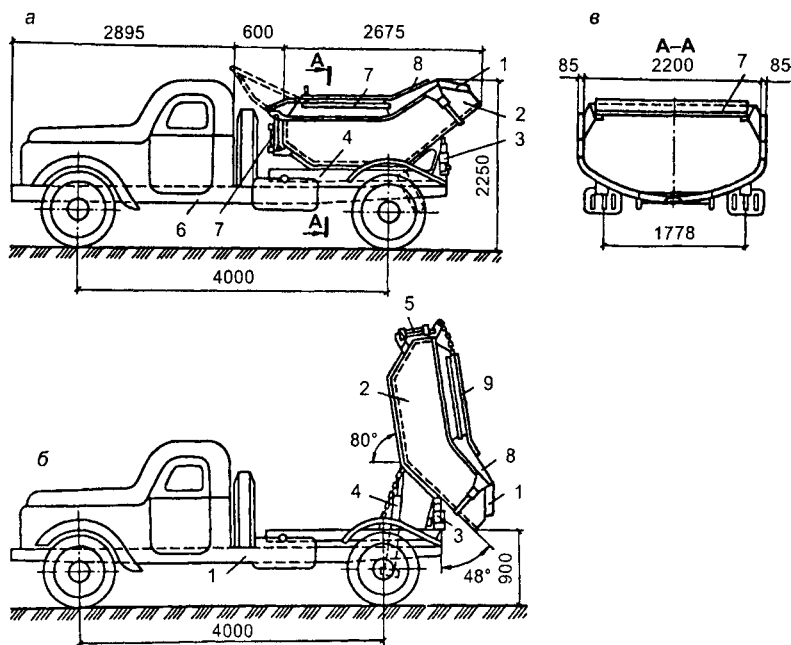


Рис. 6.13. Автобетоновоз на базе автомобиля ЗИЛ-ММЗ-553:

а — транспортное положение; б — положение разгрузки; в — поперечный разрез кузова: 1 — открытая часть кузова; 2 — кузов; 3 — упор; 4 — телескопический подъемник; 5 — гидравлический цилиндр для открывания и закрывания крышки кузова; 6 — шасси; 7 — крышка в закрытом положении; 8 — закрытая часть кузова; 9 — крышка в открытом положении

томобиля в зоне минимальной вибрации рамы, благодаря чему обеспечивается сохранность перевозимой бетонной смеси от расслоения и разбрызгивания.

Автобетоновозы предназначены для перевозки готовых бетонных смесей без их побуждения в пути на расстояние до 45 км.

6.2.2. АВТОРАСТВОРОВОЗЫ

Их применяют для транспортирования строительных растворов различной подвижности. Он представляет собой цистерну, установленную на шасси грузового автомобиля. Внутри цистерны смонтирован лопастной побудитель, который перемешивает раствор во избежание его расслаивания при транспортировании. Раствор выгружается из цистерны через боковой люк с приводным шиберным затвором-отсекателем на выдвижной ленточный конвейер. Механическая система разгрузки цистерны с затвором-отсекателем позволяет выдавать раствор порциями и за один рейс машины обслуживать несколько строительных объектов.

Растворовозы имеют геометрическую емкость цистерны $2,5 \text{ м}^3$, загрузочную – $1,5 \text{ м}^3$.

На рис. 6.14 представлен серийно выпускаемый авторастворовоз СБ-89В, предназначенный для перевозки растворов различных марок при подвижности их 5–13 см. На нем предусмотрены механическое побуждение раствора в пути и порционная выдача на строительных площадках. Он может использоваться при температуре окружающей среды от -20 до $+40^\circ\text{C}$.

Авторастворовоз смонтирован на шасси автомобиля ЗИЛ-130АН. В состав его оборудования входят: цистерна в сборе, побудитель, привод побудителя, коробка отбора мощности, затвор, разгрузочное устройство, платформа, гидрооборудование. Горловина цистерны закрывается двумя крышками с запорами. Внутри горловины имеется предохранительная решетка. Цистерна утеплена термоизоляционным материалом и облицована.

Лопастной побудитель цистерны предназначен для перемешивания раствора. Он из нее выгружается в приемный резервуар выдвижным ленточным конвейером через шиберный затвор-отсекатель.

Вместимость цистерны авторастворовоза СБ-89В загрузочная $1,6 \text{ м}^3$ при геометрической $2,5 \text{ м}^3$. Частота вращения лопастного побудителя – 8 об/мин. Высота загрузки $2,35 \text{ м}$ и разгрузки – $1,1 \text{ м}$. Наибольшая скорость движения по шоссе – 60 км/ч , масса $6,4 \text{ т}$.

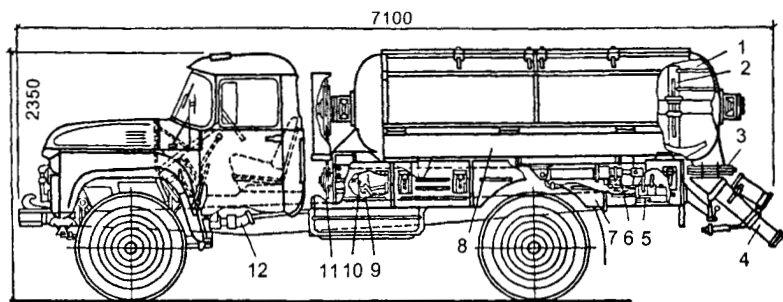


Рис. 6.14. Авторастворовоз СБ-89В:

1 — цистерна; 2 — лопастной побудитель; 3 — фланец разгрузочной точки; 4 — дополнительный поток; 5 — рукоятка включения механизм побуждения; 6 — рукоятка управления механизмом запираия конвейера; 7 — рама шасси; 8 — выдвжной ленточный конвейер; 9 — блокирующий золотник; 10 — трехпозиционный гидрораспределитель; 11 — фланец; 12 — привод гидронасоса

6.2.3. АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛИ

Они предназначены для быстрого транспортирования на значительные расстояния готовых пластичных бетонных смесей, а также для приготовления бетонной смеси в пути следования или непосредственно на строительных объектах.

Автобетоносмеситель (рис. 6.15, а) представляет собой шасси грузового автомобиля 1, на котором смонтированы смесительный барабан 3 с загрузочно-разгрузочным устройством, узлы привода 6 барабана с механизмом управления, дозировочно-промывочный бак 2 и водяной центробежный насос.

Смесительный барабан грушевидной формы с отверстием 8 (рис. 6.15, б) для загрузки и выгрузки смеси на коническом конце устанавливается под углом 15° к горизонту и опирается сзади (вблизи разгрузочного отверстия) гладким бандажом 9 на два опорных ролика, а спереди — центральной цапфой 11 на стойку рамы машины.

Сухие исходные материалы загружаются в смесительный барабан через загрузочную воронку 4 загрузочно-разгрузочного устройства. К внутренней поверхности барабана прикреплены две винтовые лопасти 7. При вращении барабана по часовой стрелке компоненты смеси направляются в нижнюю часть барабана, где происходит их гравитационное перемешивание, а при вращении в

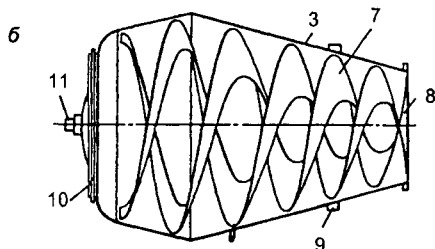
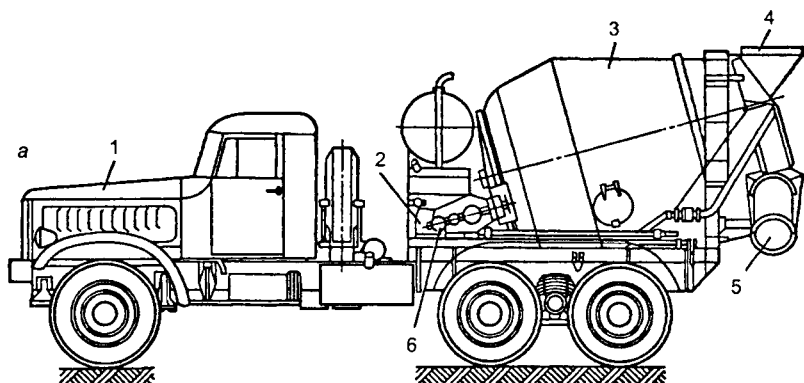


Рис. 6.15. Автобетоносмеситель с объемом готового замеса $4,0 \text{ м}^3$

обратную сторону лопасти подают готовую смесь к приемному лотку, соединенному с поворотным разгрузочным желобом 5. После разгрузки производится промывка барабана водой из дозировочно-промывочного бака 2. Для сохранения однородности готовой смеси в процессе перевозки при использовании автобетоносмесителя в качестве бетоновоза смесительный барабан медленно вращается (3–4 об/мин), непрерывно перемешивая смесь. Привод смесительного барабана осуществляется от индивидуального двигателя мощностью 40–50 л. с. (28–37 кВт), установленного на шасси автомобиля, через реверсивный зубчатый редуктор и цепную передачу. Приводная звездочка 10 цепной передачи жестко прикреплена к сферическому дну смесительного барабана.

Для приготовления бетонной смеси в пути следования автобетоносмеситель загружают сухими составляющими (цемент и заполнители). За 5–10 мин до прибытия к месту выдачи смеси водитель включает привод смесительного барабана. Одновременно с началом

вращения (9–14 об/мин) в барабан подается водяным насосом необходимая порция воды из дозировочно-промывочного бака.

Промышленностью выпускаются автобетоносмесители с объемом готового замеса 2,5 и 4,0 м³, смонтированные на шасси грузовых автомобилей с двигателями мощностью 180 и 215 л. с. (132 и 158 кВт).

Мототележки (рис. 6.16) используются для транспортирования малых порций бетонной смеси, раствора и сыпучих материалов на строительной площадке. Загружаются они с приобъектного бетонорастворного узла или из накопительных и перегрузочных бункеров. На рис. 6.16 приведена серийно выпускаемая мототележка Т-16М вместимостью ковша 0,18 м³ и грузоподъемностью 1,4 т, ее скорость передвижения – до 20 км/ч, масса нагруженной тележки – 1,94 т.

Промышленностью также выпускаются более вместительные мототележки, например, С-1016 с емкостью ковша 1,3 м³ грузоподъемностью 2,5 т при скорости передвижения 14 км/ч.

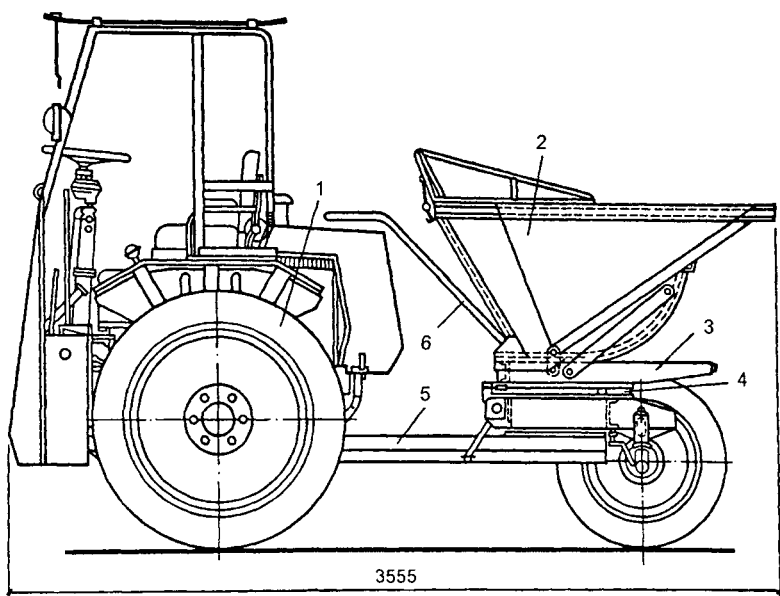


Рис. 6.16. Мототележка Т-16М:

1 — самоходное шасси; 2 — самопрокидывающийся кузов-ковш; 3 — рама; 4 — шаровой поворотный круг; 5 — консольная балка мототележки; 6 — фиксатор для разворота кузова

6.2.4. БЕТОНОНАСОСЫ

Бетононасосы применяют для непрерывной подачи готовой бетонной смеси к месту укладки по металлическим трубам-бетоновадам на расстояния до 300 м по горизонтали и до 50 м по вертикали при выполнении бетонных работ в больших объемах.

Современные бетононасосы – поршневые машины с механическим и гидравлическим приводом. Бетононасосы с механическим приводом одноцилиндровые, с гидравлическим – двухцилиндровые. Бетононасосами можно подавать по трубам и растворы.

На рис. 6.17 показана принципиальная схема поршневого насоса с механическим приводом и клапанами пробкового типа. Свежеприготовленная бетонная смесь, загружаемая в приемный бункер 1, сначала во избежание расслаивания перемешивается лопастным смесителем 2, вращающимся с частотой 4–5 об/мин, а затем поступает в камеру побудителя. Там она подхватывается лопастями 3 и непрерывно подается к всасывающему клапану 4 бетонотранспортного цилиндра 7. При ходе поршня 8 влево (см. рис. 6.17, а) всасывающий клапан

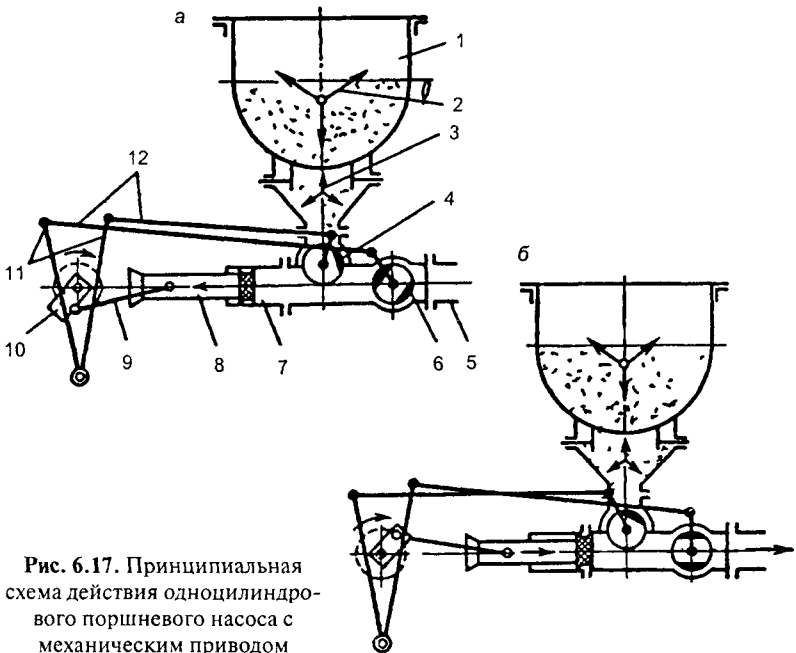


Рис. 6.17. Принципиальная схема действия одноцилиндрового поршневого насоса с механическим приводом

открывается (нагнетательный клапан *б* закрыт) и бетонная смесь засасывается в рабочую полость цилиндра. При ходе поршня вправо (см. рис. 6.17, *б*) открывается нагнетательный клапан *б* (всасывающий клапан *а* закрыт) и смесь выталкивается поршнем в бетоновод *5*.

Строгое согласование возвратно-поступательного движения поршня с порядком работы клапанов достигается за счет сообщения им принудительного движения от одного коленчатого вала *10*: поршню — через шатун *9*, а клапанам — через кулисный механизм *11* и тяги управления *12*. За один оборот коленчатого вала осуществляются оба такта — всасывание и нагнетание.

Коленчатый вал вращается электродвигателем через клиноременную и зубчатую передачи. Смеситель приводится в движение индивидуальным электродвигателем через редуктор и цепную передачу, а побудитель — цепной передачей от коленчатого вала бетононасоса.

Во избежание поломок клапанов или деталей привода тяги *12* имеют пружинные предохранители, которые срабатывают при заклинивании клапанов щебнем. При перекачке строительных растворов всасывающий и нагнетательный клапаны регулируются на полное закрытие.

Выпускаемые промышленностью бетононасосы с механическим приводом аналогичны по конструкции, имеют производительность 10–40 м³/ч и пригодны для транспортирования смеси с заполнителем крупностью 40–120 мм на расстояния до 250 м по горизонтали или до 40 м по вертикали при мощности электродвигателей главного привода 14–55 кВт и частоте двойных ходов поршня в минуту 42–50.

В последнее время все большее распространение получают поршневые бетононасосы с гидравлическим приводом, которые по сравнению с механическими обладают рядом преимуществ. Гидравлический привод обеспечивает более равномерное движение смеси в бетоноводе, предохраняет узлы насоса от перегрузок и позволяет в широком диапазоне регулировать производительность машины.

На рис. 6.18 показана принципиальная схема действия двухцилиндрового бетононасоса с гидравлическим приводом. Бетононасос состоит из цилиндропоршневой группы, клапанно-распределительной коробки, маслоприводной станции и приемного бункера с побудителем. Цилиндропоршневая группа включает в себя два бетонотранспортных цилиндра *3*, поршни *1* и *2*, которые получают возвратно-поступательное движение от двух маслоприводных цилиндров через траверсы (на схеме не показаны). Поршни *1* и *2* синхронно движутся в противоположных направлениях, осуществляя попеременно такт всасывания смеси из приемного бункера и такт нагнетания ее в бе-

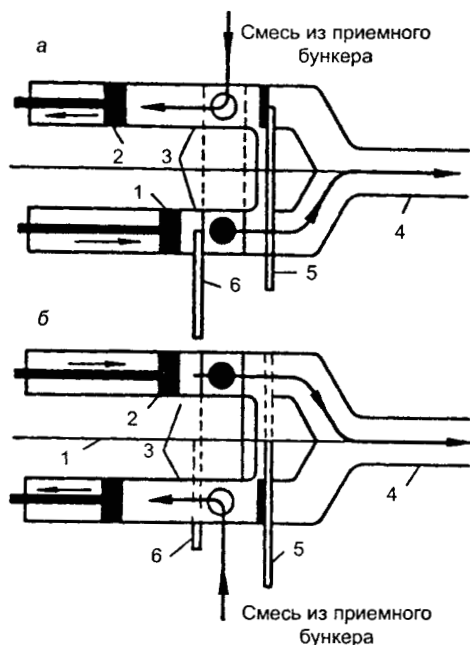


Рис. 6.18. Принципиальная схема действия двухцилиндрового поршневого бетононасоса с гидравлическим приводом

тоновод 4. Движение поршней согласовано с положениями вертикальной 5 и горизонтальной 6 заслонок клапанно-распределительной коробки, перекрывающих соответственно нагнетательное и впускное отверстия бетонотранспортных цилиндров 3 в крайних положениях поршней.

На рис. 6.18, а показан такт нагнетания в правом (по ходу движения смеси в бетоновод 4) бетонотранспортном цилиндре и такт всасывания в левом; на рис. 6.18, б – наоборот. Поршень 2 (рис. 6.18, а) засасывает бетонную смесь из приемного бункера в левый бетонотранспортный цилиндр через окно горизонтальной заслонки 6 (такт всасывания), а поршень 1 синхронно выталкивает смесь из правого цилиндра в бетоновод 4 через окно вертикальной заслонки 5 (такт нагнетания). При изменении направления движения поршней 1 и 2 (рис. 6.18, б) соответственно меняется и положение заслонок: поршень 1 через окно горизонтальной заслонки 6 засасывает смесь из приемного бункера, а поршень 2 выталкивает ее в бетоновод 4 через окно вертикальной заслонки 5.

Гидравлические бетононасосы имеют регулируемую производительность 4–25 м³/ч, обеспечивают дальность подачи смеси до 300 м по горизонтали и до 50 м по вертикали при мощности электродвигателей до 57,7 кВт. Бетононасосы поставляются в двух исполнениях с гибкой поворотной шарнирно-сочлененной стрелой длиной 19 м, вдоль которой проложен бетоновод диаметром 120 мм, или без стрелы с инвентарным бетоноводом диаметром 150 мм и общей длиной 250 м. При повороте стрелы обеспечивается подача бетонной смеси вокруг места установки машины в радиусе, равном длине стрелы.

Бетононасосы с гидравлическим приводом бывают как стационарными, так и на автомобильном ходу.

При строительстве железобетонных коллекторов, туннелей и других сооружений применяют пневматические бетононагнетатели, использующие для транспортирования бетонной смеси по трубам энергию сжатого воздуха.

Установка для пневматического транспортирования бетонной смеси (рис. 6.19) состоит из компрессора, ресивера 1, выравнивающего рабочее давление в воздухораспределительной сети, нагнетателя 7, гасителя 9, бетоновода 8 и системы управления.

Нагнетатель выполнен в виде резервуара конусной формы с загрузочной воронкой в верхней части и разгрузочным патрубком в нижней. К патрубку присоединен бетоновод с внутренним диаметром 150 мм, состоящий из набора металлических труб и колен. Отверстие загрузочной воронки герметически перекрывает колоколообразный впускной клапан 5, управляемый силовым пневмоцилиндром 6 через систему рычагов. При открывании впускного клапана в нагнетатель из бетоносмесителя загружается порция бетонной смеси, после чего клапан закрывается, и в верхнюю часть нагнетателя ком-

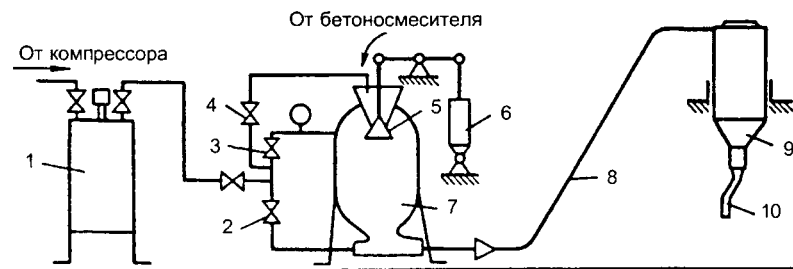


Рис. 6.19. Установка для пневматического транспортирования бетонной смеси

прессором подается под давлением до 7 кгс/см^2 ($0,7 \text{ МПа}$) воздух (через пробковый кран 3), который выталкивает смесь из резервуара в бетоновод.

В процессе эксплуатации загрузочная воронка и впускной клапан нагнетателя периодически очищаются от бетонной смеси струей сжатого воздуха, поступающего по специальной магистрали через пробковый клапан 4. По сравнению с поршневыми пневматические бетононагнетатели проще по конструкции (не имеют движущихся частей), обладают высокой мобильностью (могут быть легко переброшены с объекта на объект), более надежны и долговечны в работе.

Установки для транспортирования бетонной смеси выпускаются с нагнетателями вместимостью $0,4$ и $0,8 \text{ м}^3$; имеют производительность $10\text{--}20 \text{ м}^3/\text{ч}$ при дальности транспортирования по горизонтали до 200 м , по вертикали до 35 м .

Бетоноводы монтируются из стальных цельнотянутых труб, соединяемых между собой рычажными быстродействующими замками. Все звенья бетоноводов имеют на концах по фланцу. При этом на одном из фланцев расположен кольцевой гребень, а на другом – кольцевой паз (рис. 6.20, а). Соединение гребня на фланце одного звена с пазом на фланце другого посредством рычажного быстроразъемного замка (рис. 6.20, б) уплотняется резиновым кольцом, обеспечивающим герметичность стыка.

Для предотвращения обратного движения смеси в состав бетоноводов вводят игольчатый клапан (рис. 6.20, в). Его устанавливают между звеньями бетоновода на участке перед изгибом бетоновода вверх. Чтобы не произошло обратного движения смеси, в гнезда этого клапана забивают пальцы (иглы), образующие решетку. Для возобновления подачи смеси пальцы удаляют и клапан начинает работать как обычное звено бетоновода.

6.2.5. РАСТВОРОНАСОСЫ

Растворонасосы предназначены для транспортирования только строительных растворов по резиновым шлангам или металлическим трубам (раствороводам) от растворосмесительных установок к местам производства работ.

В строительном производстве широко используют передвижные противоточные растворонасосы плунжерного типа, основными узлами которых являются: рабочая диафрагмовая камера с системой клапанов, плунжер (поршень), механизм привода плунжера, приемный бункер для раствора с виброситом, растворовод и

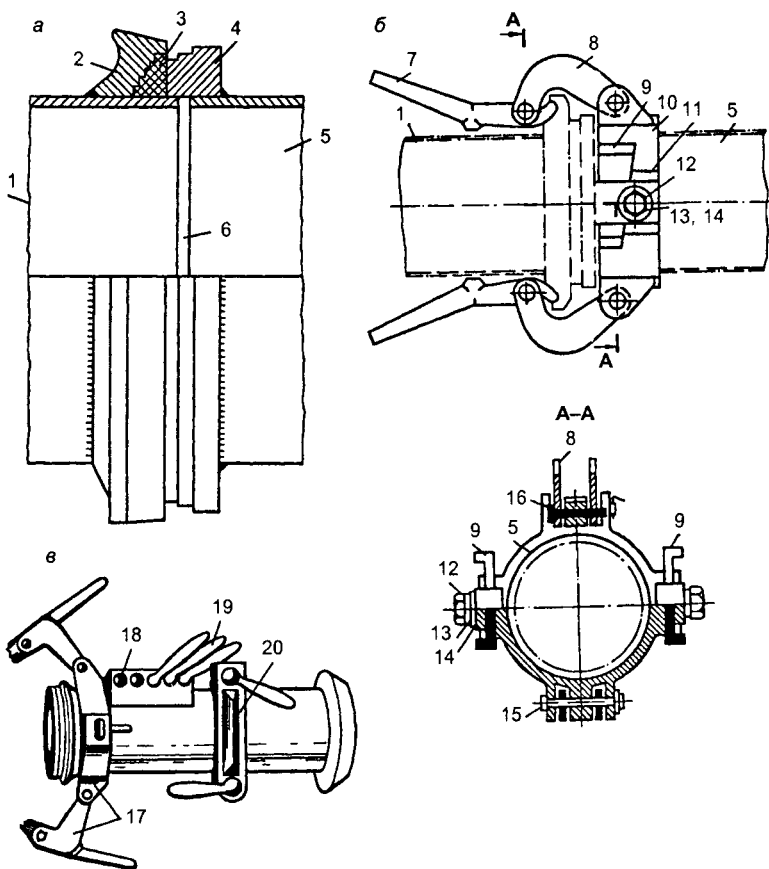


Рис. 6.20. Основные детали и элементы бетонопроводов:

а — фланцевое соединение двух звеньев; б — двухрычажный быстроразъемный замок; в — игольчатый клапан; 1, 5 — звенья; 2 — фланец с кольцевым пазом; 3 — уплотнительное резиновое кольцо; 4 — фланец с кольцевым гребнем; 6 — кольцевой зазор; 7 — рычаг; 8 — серьга; 9 — клин; 10 — хомут; 11 — упорная планка; 12 — болт; 13, 14 — шайбы; 15, 16 — пальцы; 17 — двухрычажный замок; 18 — коробка для пальцев; 19 — пальцы (иглы) с рукоятками; 20 — крышка, под которой находятся гнезда (каналы) для пальцев

ходовая тележка. У таких машин раствор подается в рабочую камеру принудительно снизу вверх под действием вакуума, попере-

менно создаваемого в рабочей камере при рабочем ходе плунжера. Рабочие камеры насосов снабжаются шаровыми клапанами свободного действия.

На рис. 6.21 показана принципиальная схема плунжерного противоточного растворонасоса. Плунжер 11 насоса совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре 12, заполненном промежуточной жидкостью (водой) и отделенным от рабочей камеры 2 плоской резиновой диафрагмой 13. Привод плунжера 11 осуществляется от электродвигателя 9 через зубчатую передачу и кривошипно-шатунный механизм 8 и 10.

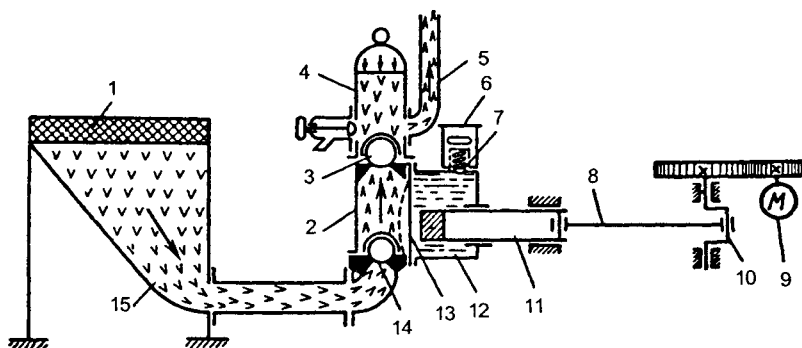


Рис. 6.24. Плунжерный растворонасос

При движении плунжера вправо промежуточная жидкость, двигаясь за плунжером, втягивает диафрагму 13 внутрь цилиндра 12, вследствие чего в рабочей камере 2 создается разрежение (вакуум), под действием которого раствор из приемного бункера 15 начнет поступать снизу вверх в камеру 2, приподнимая впускной шаровый клапан 14 (нагнетательный шаровый клапан 3 под действием собственной силы тяжести закрыт). В верхней части бункера закреплено вибросито 1 для процеживания раствора, выгружаемого из растворосмесителя.

При движении влево плунжер давит через промежуточную жидкость на диафрагму, которая, выгибаясь внутрь рабочей камеры, выталкивает из нее раствор вверх через открытый (под давлением раствора) нагнетательный клапан 3 (впускной клапан 14 под действием собственной силы тяжести и противодействия раствора закрыт) в воздушный колпак 4, соединенный с растворомоводом 5. Воздушная

подушка, образующаяся в воздушном колпаке в процессе работы насоса, выравнивает давление на раствор, поступающий в колпак толчками, что способствует уменьшению величины пульсации раствора, поступающего в растворовод.

Для предотвращения поломок и перегрузок растворонасоса при закупорке растворопровода цилиндр насоса снабжается предохранительным пружинным клапаном 7, который при превышении максимально допустимого рабочего давления сообщает полость цилиндра с заливочным устройством 6. Подъем клапанов ограничивается скобами-ограничителями.

Растворопроводами служат резиновые шланги и стальные трубы диаметром 38, 50, 75 и 100 мм. Секции растворовода снабжены быстроразъемными соединениями.

Промышленностью выпускаются три модели диафрагмовых плунжерных растворонасосов производительностью 2, 4 и 6 м³/ч, которые обеспечивают дальность подачи раствора по горизонтали соответственно на 50, 100 и 200 м и по вертикали на 15, 30 и 40 м. Растворонасосы развивают рабочее давление в растворопроводе до 15 кгс/см² (1,5 МПа) при частоте двойных ходов плунжера 165 в минуту и мощности электродвигателя 2,2–7 кВт.

Техническая производительность (в м³/ч) поршневых бетоно- и растворонасосов

$$П = 47,2d^2snK_n,$$

где d и s – диаметр и ход поршня, м; n – число двойных ходов поршня, 1/мин; K_n – коэффициент наполнения смеси рабочей камеры насоса (для бетонов $K_n = 0,7–0,8$, для растворов $K_n = 0,8–0,85$).

Производительность пневмотранспортных установок (в м³/ч)

$$П = V_n n,$$

где V_n – полезный объем нагнетателя, м³; $n = 3600/(t_n + t_r)$ – число циклов в час; t_n – продолжительность подготовительных операций – открытия затвора, загрузки смеси, закрытия затвора, пуска воздуха и др. ($t_n = 60–65$ с); t_r – время транспортирования смеси, зависящее от длины трассы, с (при $L = 100$ м $t_r = 60$ с, при $L = 150$ м $t_r = 80$ с).

6.2.6. ПЕРЕДВИЖНЫЕ БЕТОНОНАСОСЫ

Автобетононасос СБ-126Б (рис. 6.22) предназначен для подачи приготовленной бетонной смеси в горизонтальном и вертикальном

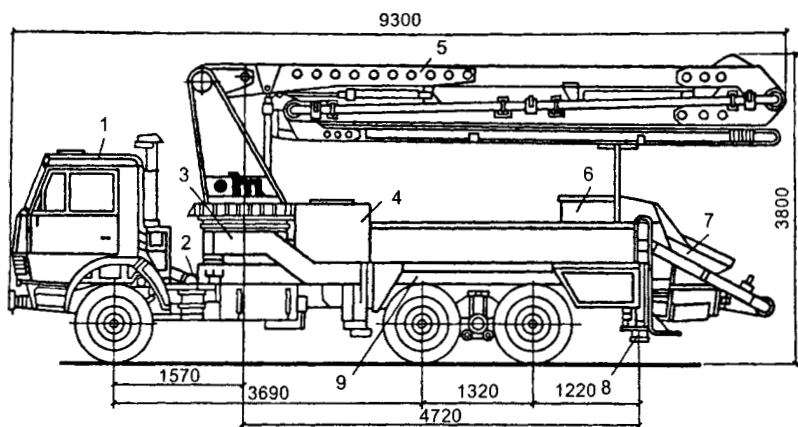


Рис. 6.22. Автобетононасос СБ-126Б:

1 — автомобиль КамАЗ-53213; 2 — коробка отбора мощностей; 3 — выносная опора; 4 — гидробак; 5 — распределительная стрела; 6 — бак для воды; 7 — приемная коробка; 8 — гидроцилиндр выносных опор; 9 — рама

направлениях к месту укладки с помощью стрелы или инвентарного бетоновода при возведении сооружений из монолитного бетона. Автобетононасос может работать в районах с умеренным климатом при температуре окружающей среды от -5 до $+40^{\circ}\text{C}$. Он монтируется на шасси автомобиля КамАЗ-53213 и состоит из распределительной стрелы, рамы, приемной воронки, распределительного устройства, опорных стоек, поворотного устройства, цилиндропоршневой группы, привода гидронасоса, компрессора, гидробаков выносных опор, блока управления, состоящего из пульта контроля и управления, пульта управления распределительной стрелой, дистанционного управления; гидросистемы и электрооборудования.

Бетонная смесь из автобетоносмесителя подается в приемную воронку автобетононасоса, откуда направляется к двум бетонотранспортным цилиндрам. При соответствующем крайнем положении распределительного устройства правый бетонотранспортный цилиндр сообщается с приемной воронкой и смесь засасывается в бетонотранспортный цилиндр, а левый цилиндр сообщается через распределительное устройство с напорным бетоноводом, и находящаяся в бетонотранспортном цилиндре смесь нагнетается поршнем в бетоновод.

Нагнетаемая через распределительное устройство в бетоновод бетонная смесь подается на объект либо с помощью распределительной стрелы, либо с помощью бетоновода, подсоединяемого к бетонораспределительному устройству.

Распределительная стрела (см. рис. 6.22) предназначена для подачи бетонной смеси к месту ее укладки. Она состоит из концевой, средней и корневой секций. При помощи рычажной системы концевая секция изменяет свое положение относительно средней секции на угол до 270° , а средняя относительно корневой – на 180° . В целом стрела представляет собой трубопровод с внутренним диаметром 125 мм из отдельных звеньев, соединенных на быстроразъемных муфтах с резиновыми кольцами. Для эффективной работы автобетононасоса основным требованием является качество бетонной смеси. Так, максимальная крупность заполнителя не должна превышать 40 мм. Подвижность бетонной смеси должна находиться в пределах 4–12 см (оптимально 8–12 см) по стандартному конусу.

Производительность автобетононасоса — $65 \text{ м}^3/\text{ч}$ при дальности подачи по горизонтали на 180–360 м и по вертикали 50–80 м. Для зимних условий изготавливается автобетононасос СБ-126Б-1. Из других выпускаются автобетононасосы СБ-170-1 на шасси КамАЗа также производительностью $65 \text{ м}^3/\text{ч}$ при высоте подачи смеси на 22 м и автобетононасос БН-80-20М2 для приема свежеприготовленной бетонной смеси из специализированных бетонотранспортных средств и подачи ее к месту укладки при температуре окружающего воздуха от -30 до $+40^\circ\text{C}$. Производительность последнего – $5\text{--}65 \text{ м}^3/\text{ч}$ при высоте подачи 19 м и дальности подачи стрелой 16 м, в том числе по бетоноводам – на 400 м.

6.2.7. САМОХОДНЫЕ БЕТОНУКЛАДЧИКИ

Широко используемые для подачи бетонной смеси к месту укладки ленточные, секционные и звеньевые конвейеры не всегда оказываются эффективными и, как показывает опыт, в этом отношении более производительными и удобными являются самоходные бетоноукладчики.

Такие бетоноукладчики представляют собой самоходные машины, чаще всего на гусеничном ходу, оборудованные бетоноукладочным оборудованием. В настоящее время довольно распространенными являются бетоноукладчики УБК-132, БУ-1, БУМ-1, смонтированные на тракторах, и ЛБУ-20, ЭМ-44 – на гусеничном ходу экскаваторов. Рассмотрим ниже те из них, которые получили наибольшее применение.

Бетоноукладчик УБК-132 (рис. 6.23) смонтирован на базе трактора ДТ-75 с удлиненной рамой и с двумя дополнительными балансирами тележек. Для приема бетонной смеси из бетоновозов установлен скиповый подъемник. Выгрузку смеси из него на ленточный конвейер бетоноукладчика осуществляют при помощи промежуточного вибробункера. Ленточный конвейер состоит из двух частей. Для уменьшения габаритов в транспортном положении конвейер складывают. Устойчивость машине в рабочем положении придают выносные опоры.

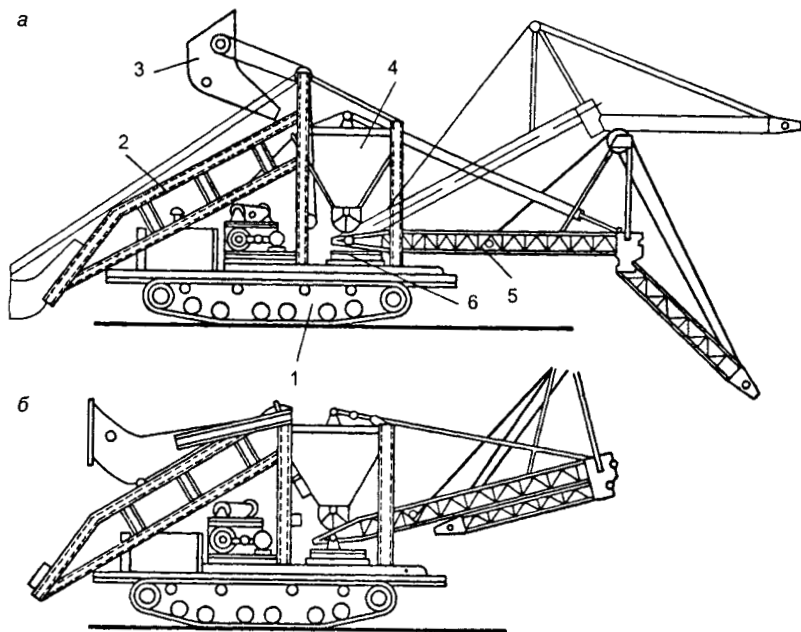


Рис. 6.23. Бетоноукладчик УБК-132:

а — рабочее положение; б — транспортное положение; 1 — гусеничное ходовое оборудование; 2 — направляющая подъемного ковша; 3 — ковш; 4 — вибробункер; 5 — конвейер; 6 — поворотная платформа (тонкими линиями показаны положения механизмов в процессе работы)

Производительность этого бетоноукладчика — $11 \text{ м}^3/\text{ч}$, длина стрелы ленточного конвейера — $14,9 \text{ м}$, вылет стрелы — 11 м , высота подачи бетонной смеси — $5,5 \text{ м}$, вместимость приемного бункера — $1,6 \text{ м}^3$, масса бетоноукладчика — 13 т .

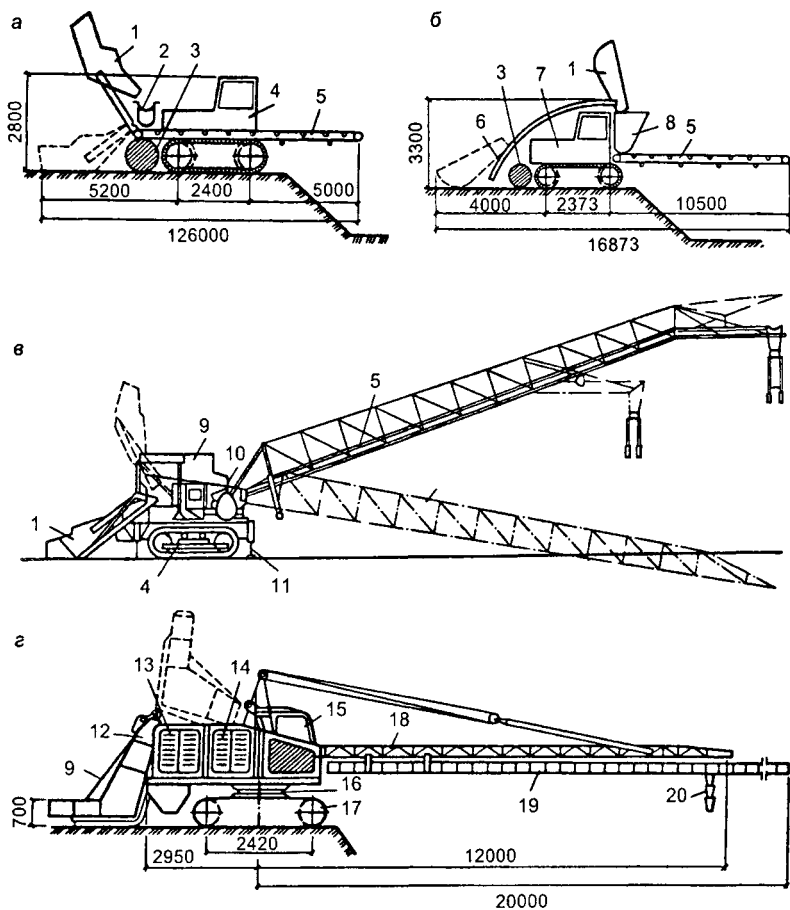


Рис. 6.24. Самоходные бетоноукладчики:

а — бетоноукладчик БУ-1; б — бетоноукладчик БУМ-1; в — бетоноукладчик ЭМ-44; г — бетоноукладчик ЛБУ-20; 1 — скиповый подъемник; 2 — виброжелоб; 3 — противовес; 4 — трактор; 5 — ленточный конвейер; 6 — направляющая; 7 — погрузчик; 8 — бункер; 9 — вибробункер; 10 — выдвижной ведущий барабан; 11 — выносные опоры; 12 — секторный затвор; 13 — дизель-электростанция; 14 — лебедки; 15 — кабина машиниста; 16 — поворотная платформа; 17 — гусеничный ход; 18 — основной конвейер; 19 — выдвижной конвейер; 20 — хобот

Бетоноукладчик БУ-1 (рис. 6.24, а) смонтирован на базе трактора С-100ПГ. Ленточный конвейер для подачи бетонной смеси установлен сбоку трактора и может поворачиваться на 150°. Для приема смеси из бетоновозов машина снабжена вибробункером, который поднимается с помощью гидроцилиндров. Из вибробункера смесь поступает на ленточный конвейер при помощи виброжелоба. Для устойчивости бетоноукладчика во время работы трактор оборудован противовесом.

Производительность бетоноукладчика БУ-1 — 11 м³/ч, длина стрелы конвейера — 12,6 м, ее вылет — 10 м, высота подачи смеси — до 3 м, вместимость приемного бункера — 2,4 м³, масса машины — 16 т.

Бетоноукладчик БУМ-1 (рис. 6.24, б) смонтирован на базе погрузчика Т-107. Для приема бетонной смеси на бетоноукладчике имеется скиповый подъемник с направляющими и промежуточный бункер. С задней стороны к бетоноукладчику прикреплен ленточный конвейер. Подъем, опускание и поворот стрелы конвейера осуществляется с помощью привода от вала двигателя трактора.

Производительность бетоноукладчика — 9 м³/ч, вылет стрелы и длина стрелы ленточного конвейера — 10 м, высота подачи смеси — до 2,8 м, вместимость приемного бункера — 1,6 м³, масса машины — 16 т.

Бетоноукладчик ЭМ-44 (рис. 6.24, в) смонтирован на базе трактора С-100М. На его ходовой части установлены перегрузочный бункер, промежуточный резервуар — вибропитатель, механизм поворота стрелы, стрела с ленточным конвейером, механизм подъема и опускания стрелы.

Стрела ленточного конвейера собирается из отдельных секций, обеспечивающих в различном наборе вылеты 13,3; 16,3; 18,9 и 21,9 м. Во время работы бетоноукладчик устанавливают на передние выносные опоры, а при вылете стрелы 21,9 м — и на задние опоры.

Бетоноукладчик ЛБУ-20 (рис. 6.24, г) установлен на гусеничном ходу экскаватора Э-303. Бетоноукладчик имеет полноповоротную платформу, на которой установлены дизель-электростанция, главная и вспомогательная лебедки, кабина машиниста, приемный вибробункер и телескопический ленточный конвейер. Смесь из бетоновозов поступает в вибробункер, который поднимается с помощью гидроцилиндров. Когда он находится в верхнем положении смесь под воздействием вибратора постепенно выгружается на ленту конвейера.

6.3. ВИБРАТОРЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Для уплотнения бетонной смеси вибрированием применяют возбудители механических колебаний – вибраторы, принцип действия которых основан на использовании сил инерции движущихся неуравновешенных масс.

Рабочим органом вибраторов является вибрационный механизм. В таком механизме колебания создаются двумя способами: 1) вращением закрепленной на валу неуравновешенной массы (дебаланса); 2) возвратно-поступательным направленным перемещением массы. Вибрационные механизмы с вращающимся дебалансом приводятся в действие электрическими двигателями (электро-механические вибраторы) или пневматическими двигателями (пневматические вибраторы). Привод вибраторов с возвратно-поступательным движением массы – электромагнитный (электромагнитные вибраторы).

Одновальные дебалансные вибраторы создают круговые колебания; двухвальные (дебалансные) и электромагнитные – направленные.

При уплотнении смеси в конструкциях наиболее часто применяют переносные электро-механические вибраторы с круговыми колебаниями.

Дебаланс (или дебалансы) переносного вибратора укрепляют непосредственно на валу двигателя или соединяют с ним при помощи гибкого вала. При вращении дебаланса вследствие его неуравновешенности возникает центробежная сила P , называемая возмущающей силой, которая всегда направлена по радиусу окружности, описываемой центром тяжести дебаланса:

$$P = mew^2,$$

где m – масса дебаланса, кг; e – эксцентриситет, т.е. расстояние от центра тяжести дебаланса до оси его вращения; w – угловая скорость вращения дебаланса, 1/с.

Произведение массы дебаланса на его эксцентриситет называют кинетическим моментом вибратора, а отношение кинетического момента к массе вибратора – амплитудой колебаний.

По способу передачи колебаний уплотняемой смеси различают поверхностные, наружные (опалубочные) и глубинные переносные вибраторы

Поверхностные вибраторы (рис. 6.25, а) передают колебания уплотняемой массе бетона непосредственно через его поверхность. Эти

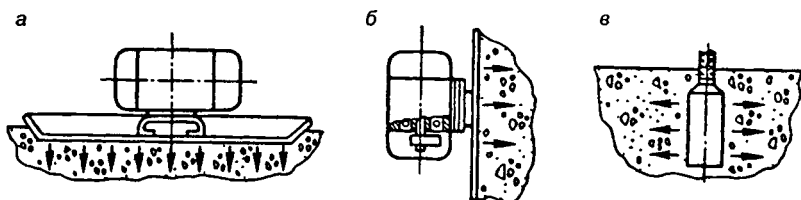


Рис. 6.25. Переносные вибраторы:

а — поверхностный, б — наружный, в — глубинный

вибраторы применяют для уплотнения слоя бетонной смеси толщиной до 0,25–0,4 м.

По форме опорной поверхности различают площадочные вибраторы, у которых вибромеханизм прикреплен к корытообразному основанию (площадке), имеющему в плане форму прямоугольника, и виброрейки, у которых вибромеханизм крепится на удлиненной балке. Перемещение поверхностного вибратора в процессе работы по бетонируемой поверхности производится вручную с помощью тросиков или крючков.

Наружные вибраторы (рис. 6.25, б) передают колебания смеси через опалубку или форму, к которым прикрепляются снаружи с помощью специальных крепежных устройств.

Поверхностные и наружные вибраторы имеют аналогичную конструкцию вибрационного механизма, состоящего из трехфазного асинхронного электродвигателя 2 (рис. 6.26) с короткозамкнутым ротором 3 и двух одинаковых дебалансов 6, закрепленных на консольных концах вала ротора (мотор-вибратор). Электродвигатель с дебалансами встроены в корпус 1 вибратора. Дебалансы закрыты крышками 7. Вал ротора опирается на два ролико- или шарикоподшипника 5, установленных в подшипниковых щитах 4. Корпус вибратора снабжен четырьмя лапами 8 с отверстиями под болты крепления к основанию, передающему колебания уплотняемой смеси. Каждый дебаланс состоит из двух скрепляемых между собой частей — поворотной и неподвижной относительно вала ротора. При изменении взаимного положения частей дебаланса соответственно изменяется величина развиваемой им возмущающей силы. В зависимости от конструкции дебалансов величина возмущающей силы регулируется ступенчато или бесступенчато.

Частота вращения вала ротора электродвигателя, равная частоте колебаний корпуса вибратора, составляет: 2500 об/мин — у вибраторов

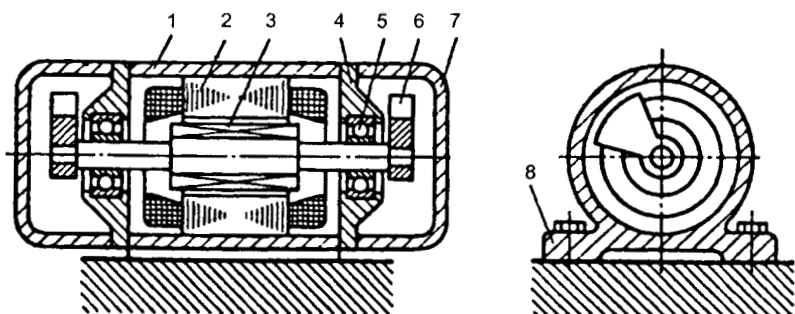


Рис. 6.26. Мотор-вибратор

нормальной частоты, 1000–1400 об/мин – у низкочастотных и 5700 об/мин – у высокочастотных. Мотор-вибраторы выпускаются с электродвигателями мощностью 0,27–3 кВт на напряжение 220/380 и 36 В. Последние подключаются к сети переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц через понижающий трансформатор.

Мотор-вибраторы нормальной частоты развивают возмущающую силу 200–3000 кгс (2–30 кН), низкочастотные – 500–3400 кгс (5–34 кН), высокочастотные – 350–1200 кгс (3,5–12 кН).

Для уплотнения бетонной смеси в армированных и слабоармированных конструкциях (фундаментах, стенах, массивных плитах, дымовых трубах, колоннах, сваях и др.) используют переносные **глубинные вибраторы**, рабочий орган которых выполнен в виде вибрирующего наконечника (стержня), погружаемого в уплотняемую смесь (рис. 6.25, в).

Наружный диаметр вибрирующих наконечников отечественных глубинных вибраторов составляет 28–110 мм, длина – 360–525 мм. Продолжительность вибрирования с одной позиции у глубинных вибраторов 30–50 с.

По устройству привода глубинные вибраторы подразделяют на вибраторы с гибким валом и со встроенным высокочастотным электродвигателем или пневматическим двигателем.

Глубинный вибратор со встроенным высокочастотным электродвигателем (рис. 6.27) состоит из вибронаконечника и резиноканого шланга с торцевой рукоятью. Вибронаконечник представляет собой герметически закрытый цилиндрический стальной корпус 1, внутри которого установлены высокочастотный трехфазный асинхронный электродвигатель 4 с короткозамкнутым ротором и полый дебалансный вал, вращающийся в двух подшипниках качения 3. В средней

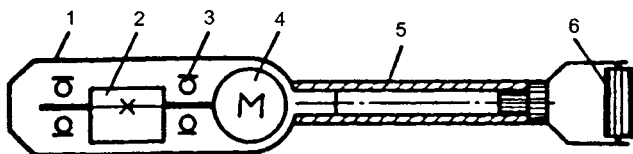


Рис. 6.27. Глубинный вибратор со встроенным высокочастотным электродвигателем

части вала между подшипниками 3 жестко укреплен дебаланс 2. Частота вращения вала ротора и частота колебаний корпуса вибронаконечника одинаковы. К верхней части корпуса вибронаконечника прикреплен резиноканальный шланг 5, обеспечивающий виброизоляцию рукояти 6 для перемещения и переноса вибратора в процессе работы. Внутри шланга проходит кабель, подводящий ток к электродвигателю во время работы вибратора.

Глубинные вибраторы со встроенными электроприводами выполнены по единой конструктивной схеме, имеют наружный диаметр корпуса 50–100 мм, способны развивать возмущающую силу 250–1200 кгс (2,5–12 кН) при частоте колебаний 11000 в минуту и мощности электродвигателя 0,27–1,5 кВт.

Уплотнение бетонной смеси в крупных массивных малоармированных конструкциях и при большом потоке бетона производят пакетами вибраторов, подвешенных на раме. Перестановку пакетов вибраторов производят монтажными кранами.

Глубинные вибраторы с гибким валом имеют планетарный механизм возбуждения колебаний. Планетарный вибрационный механизм (рис. 6.28) состоит из втулки 2 и пальца 1 и выполняется в двух вариантах: в первом бегунком-дебалансом является втулка 2, совершающая планетарную обкатку по наружной поверхности неподвижного конического пальца 1 («внутренняя» обкатка бегунка-дебаланса); во втором бегунком-дебалансом является палец 1, планетарно-обкатывающийся по внутренней поверхности неподвижной конической втулки 2 («внешняя» обкатка дебаланса).

Вибратор (рис. 6.29, а) состоит из следующих основных узлов: переносного привода 1 с выключателем, смонтированного на отдельной корытообразной подставке, гибкого вала 2 и сменного вибронаконечника 3.

Планетарный вибрационный механизм смонтирован в стальном цилиндрическом корпусе 6 (рис. 6.29, б) вибронаконечника с

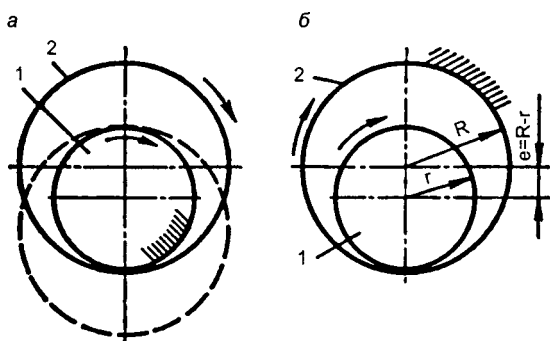


Рис. 6.28.
Планетарный
вибрационный
механизм:

а — с «внутренней»
обкаткой бегунка-де-
баланса; б — с «внеш-
ней» обкаткой бегун-
ка-дебаланса

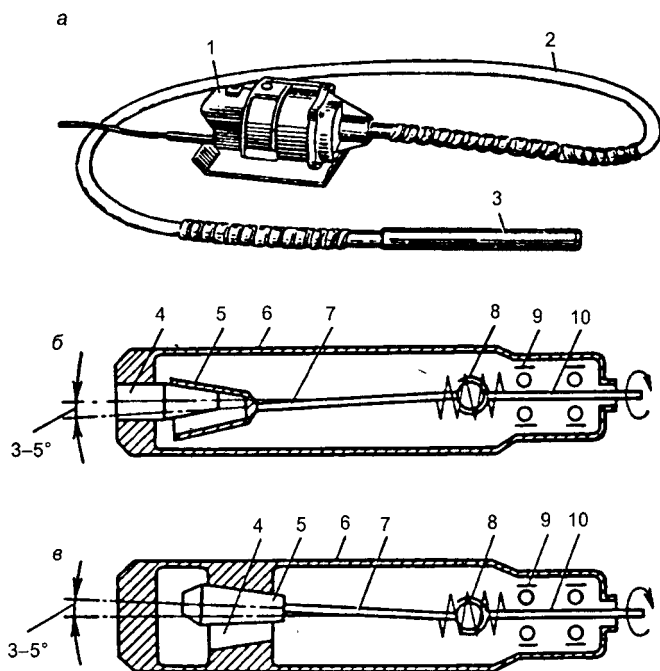


Рис. 6.29. Переносной глубинный вибратор с гибким валом:

а — общий вид; б и в — вибронаконечники с «внутренней» и «внешней» обкаткой бегунка-дебаланса

массивным дном. Бегунок-дебаланс 5 составляет одно целое с валом-штангой 7, соединенным со шпинделем 10 упругой муфтой 8. Шпиндель вращается в подшипниках 9. К хвостовику шпинделя подсоединен с помощью наконечника стальной гибкий вал, получающий вращение от переносного электродвигателя. Гибкий вал правого вращения (во избежание его размотки) диаметром 8–12 мм и длиной 3–3,3 м заключен в защитный резинометаллический шланг. В качестве привода вибраторов применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором мощностью 0,8–1,2 кВт, работающие на токе нормальной частоты (50 Гц) при напряжении 36 В.

В начальный момент после пуска вибратора бегунок-дебаланс вращается в воздухе, а затем под действием центробежной силы начинает отклоняться от геометрической оси вибронаконечника (на угол до 5°) и наносить удары по центральному пальцу 4 (при «внутренней» обкатке) или по втулке (при «внешней» обкатке), возбуждая колебания корпуса наконечника.

Частота колебаний вибронаконечника в минуту N зависит от частоты вращения вала приводного электродвигателя n (об/мин), соотношения диаметров бегунка-дебаланса d и беговой дорожки D и подсчитывается по формулам:

при «внутренней» обкатке

$$N = n / \left(\frac{D}{d} - 1 \right);$$

при «внешней» обкатке

$$N = n / \left(\frac{D}{d} + 1 \right).$$

Глубинные вибраторы с гибким валом комплектуются сменными вибронаконечниками диаметром 28–75 мм и длиной 360–440 мм, развивающими возмущающую силу 80–400 кгс (0,8–4 кН) при частоте колебаний 10000–20000 в минуту.

Промышленностью выпускаются различные виды поверхностных и глубинных электрических вибраторов и подвесных виброустановок, состоящих из нескольких вибраторов (вибропакетов). Из глубинных, часто применяемых в строительстве, следует упомянуть ручные фрикционно-планетарные с гибким валом ИВ-113, ИВ-112, ИС-47Б, ИВ-108, навесной ИВ-114 и дебалансные ручные ИВ-102 и ИВ-103, навесные ИВ-95.

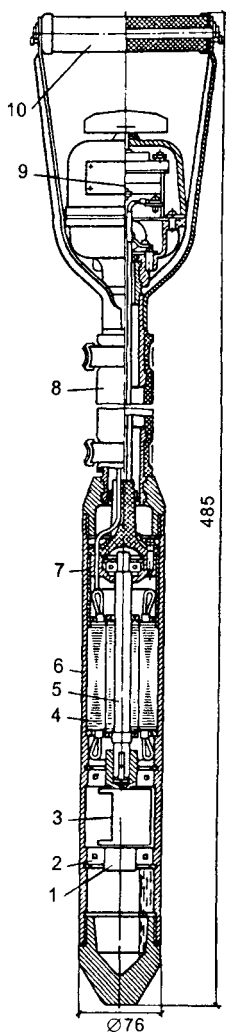


Рис. 6.30. Вибратор ИВ-102 (ИВ-103):

1 — вал; 2 — подшипник; 3 — дебаланс; 4 — статор; 5 — ротор; 6 — корпус; 7 — щит; 8 — резиноканаванный рукав; 9 — выключатель; 10 — рукоятка

На рис. 6.30 показан вибратор ИВ-102 (ИВ-103). Эти вибраторы предназначены для уплотнения бетонных смесей с осадкой конуса 1–5 см при укладке в малоармированные конструкции. Они состоят из вибронаконечника и рукоятки с выключателем, соединенных резиноканаванным рукавом (ИВ-102) или металлической штангой (ИВ-103). При работе конус вибратора следует полностью погружать в бетонную смесь. Работа вибратора вне уплотняемой смеси приводит к быстрому разрушению изоляции обмоток, так как электродвигатель рассчитан на интенсивное его охлаждение бетонной смесью.

Подвесные виброустановки (вибропакеты) (рис. 6.31) применяются при крановом механизированном способе вибрирования бетонной смеси. Для вибропакетов применяются вертикальные вибраторы с цилиндрической рабочей частью. На рис. 6.31 представлено несколько конструктивных схем вибропакетов.

Вибраторы В1-612 и В1-631 в основном применяются в гидротехническом строительстве. Применение кранового способа механизированного уплотнения бетона позволяет решать такие вопросы, как регулировка и контроль качества уплотнения бетонной смеси с помощью датчиков плотности бетонной смеси, тепловой защиты вибраторов от перегрузки. Эти приборы могут быть установлены на вибропакете.

В промышленном и гражданском строительстве могут найти также применение пакеты-гребешки, где вибра-

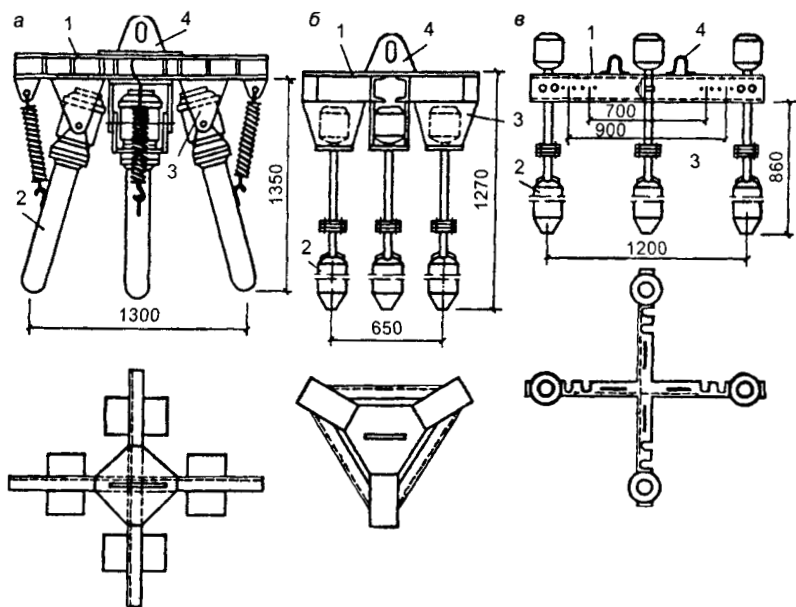


Рис. 6.31. Конструктивные схемы вибропакетов:

а — пакет из 4 вибраторов ИВ-34; б — пакет из 3 вибраторов ИВ-60; в — пакет из 4 вибраторов ИВ-60; 1 — рама пакетов; 2 — вибратор; 3 — крепление вибратора к раме; 4 — кронштейн для подвески пакета к крану

торы устанавливаются в один ряд. Исследования, проведенные рядом научных и проектных организаций, показали, что при работе вибраторов в пакете происходит сложение их колебаний. При необходимости уплотнения больших и сосредоточенных объемов бетона применяют плоскостные виброуплотнители. Рабочей частью его служит вертикально расположенная жесткая плита, к которой крепятся два центробежных возбуждателя, вращающихся в противоположные стороны. Дальность действия плоскостного виброуплотнителя в бетонной смеси с осадкой конуса 3–5 см достигает 1,5–2,5 м.

ГЛАВА 7. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

7.1. УСТАНОВКИ ДЛЯ ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

При строительстве трубопроводов, туннелей, резервуаров и других емкостных сооружений возникает необходимость покрытия их поверхности защитным износостойким и водонепроницаемым слоем специальной торкретной штукатурки. Торкретная штукатурка получается набрызгиванием (торкретированием) на поверхность (или в опалубку) цементно-песчаного раствора или мелкозернистой бетонной смеси под давлением сжатого воздуха. Увлажненная смесь, вылетающая из сопла со скоростью 120–170 м/с, с силой ударяется о покрываемую поверхность и наращивается на ней плотным слоем торкрета, который после затвердевания приобретает нужную водонепроницаемость и повышенную механическую прочность.

Для торкретирования применяют передвижные торкретные установки (рис. 7.1), в состав которых входят тележка с колесным ходом или салазками, цемент-пушка, компрессор с ресивером, бак для воды, гибкие шланги (материальный, водяной, воздушный) и сопло. Питание сопла 4 сухой смесью осуществляется от цемент-пушки по материальному шлангу 1, водой — из бака 16 по водяному шлангу 2.

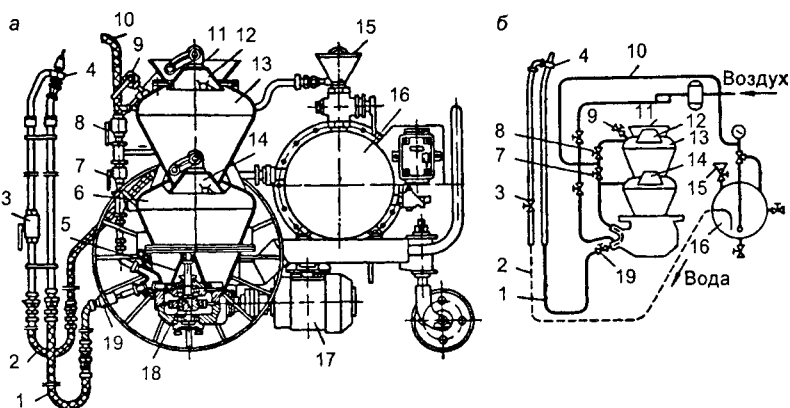


Рис. 7.1. Передвижная торкретная установка:

а — общий вид; б — принципиальная схема

Расход воды регулируется краном 3. Сжатый воздух поступает в цемент-пушку и водяной бак от компрессора по воздушному шлангу 10. Водяной бак снабжен воронкой 15 с краном, через которую вводят химические реагенты, ускоряющие схватывание.

Цемент-пушка состоит из двух камер – шлюзовой 13 и рабочей 6, отделенных друг от друга промежуточным конусным клапаном 14. Приготовленная в смесителе сухая торкретная смесь через приемную воронку 11 и открытый впускной конусный клапан 12 (промежуточный клапан 14 закрыт) загружается в шлюзовую камеру 13, куда после закрытия впускного клапана подается сжатый воздух при открытом кране 8. При закрытом промежуточном клапане и открытом кране 7 в рабочую камеру подается сжатый воздух и одновременно от электродвигателя 17 через червячный редуктор 18 приводится во вращение тарельчатый питатель 5 с радиально расположенными карманами. При выравнивании давления в обеих камерах промежуточный клапан 14 открывается под действием силы тяжести смеси, которая сыпается из шлюзовой камеры в рабочую. По окончании загрузки рабочей камеры промежуточный клапан закрывается, а из шлюзовой камеры сжатый воздух выпускается через открытый кран 9 в атмосферу и она вновь готова для приема очередной порции смеси. Тарельчатый питатель захватывает карманами небольшие порции смеси и подводит их к выходному патрубку, на котором укреплен конец материального шланга 1. Струя сжатого воздуха, подведенного по шлангу 10 к воздушному патрубку, сдувает смесь в материальный шланг, по которому она во взвешенном состоянии движется с большой скоростью к соплу, расположенному на выходном конце шланга. Количество подаваемого к соплу материала регулируется краном 19. Наличие в цемент-пушке двух камер с индивидуальными клапанами 12 и 14 позволяет производить загрузку ее торкретной смесью, не прерывая процесса торкретирования.

Производительность цемент-пушек составляет по сухой смеси 1,5–4 м³/ч. При рабочем давлении сжатого воздуха 3–4 кгс/см² (0,3–0,4 МПа) обеспечивается максимальная дальность транспортирования сухой смеси до 180–200 м по горизонтали или до 80 м по вертикали.

7.2. АГРЕГАТЫ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ МАЛЯРНЫХ СОСТАВОВ

Для механизированного окрашивания различных поверхностей при производстве отделочных работ широко применяются переносные и

передвижные окрасочные агрегаты, работающие по принципу распыления водных и масляных красочных составов. Различают окрасочные агрегаты **воздушного** (пневматического) **распыления**, предназначенные для нанесения на поверхности нитроэмалей, масляных и клеевых красок, и **механического** (безвоздушного) **распыления**, используемые для нанесения на поверхности лакокрасочных материалов, водно-меловых и известковых красочных составов.

В комплект передвижного окрасочного агрегата воздушного распыления (рис. 7.2) входят компрессор 8 с ресивером 7, масловодоотделитель 6, переносной красконагнетательный бак 4 с манометром 5, пневматический пистолет-краскораспылитель 1 и набор материальных 3 и воздушных 2 гибких шлангов.

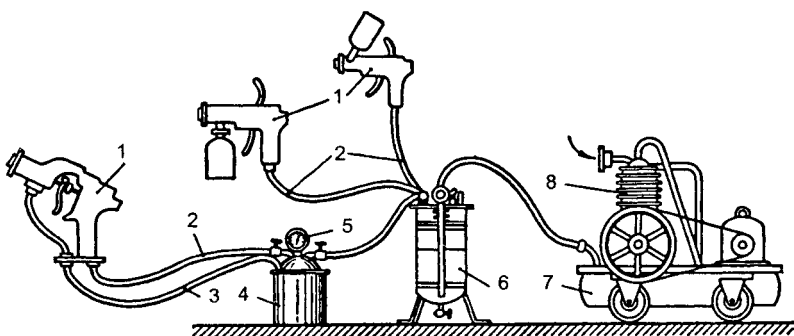


Рис. 7.2. Передвижной окрасочный агрегат воздушного распыления

Промышленностью выпускаются красконагнетательные баки вместимостью 20, 40 и 60 л.

Для окрашивания поверхностей служат пистолеты-краскораспылители, распыляющие красочный состав в виде конусообразного факела. Пистолет-краскораспылитель (рис. 7.3) состоит из алюминиевого корпуса 7, сменной распылительной головки 5, сопла 6, запорной иглы 14, материального 15 и воздушного 11 штуцеров, нажимного курка 16 и рукоятки 10. Пистолет питается краской из красконагнетательного бака через резиновый шланг, присоединенный к материальному штуцеру 15 или от съемного нижнего наливного бачка 2 (при небольших объемах работ), удерживаемого на том же штуцере накладной гайкой 17. Для периодического наполнения бачка краской его снимают при помощи рычага 4 и затвора 3. Сжатый воздух в пистолет подается от компрессора по резиновому

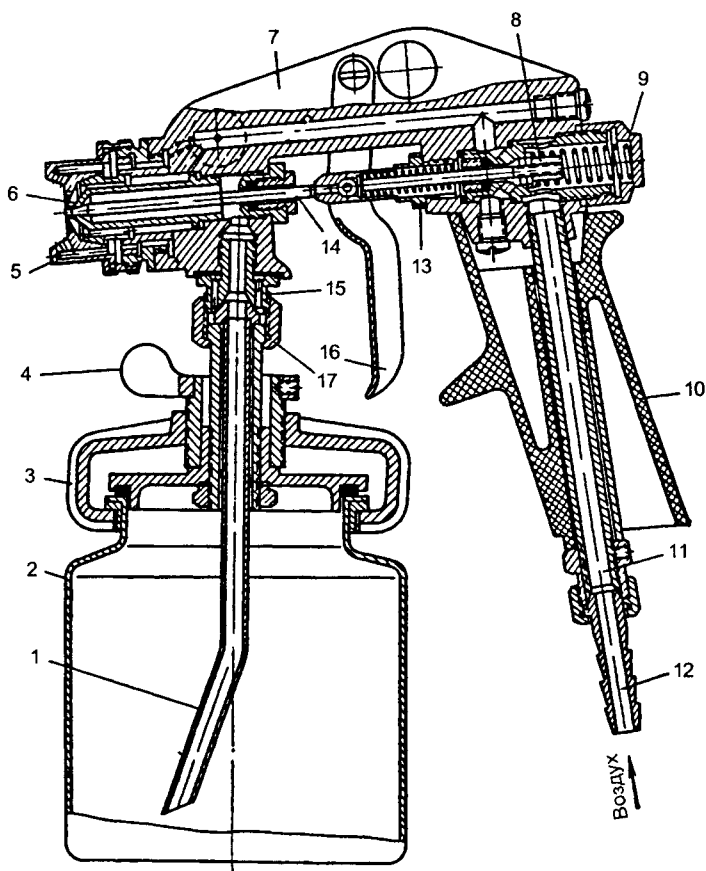


Рис. 7.3. Пневматический пистолет-краскораспылитель

шлангу через штуцер 11 и трубки 12 в рукоятке 10. Для приведения пистолета в действие нажимают на курок 16, который, преодолевая сопротивление пружины 9, сдвигает вправо воздушный клапан 8 механизма подачи воздуха и запорную иглу 14. Наконечник иглы в нерабочем состоянии плотно прижат к коническому отверстию сопла. Сжатый воздух по каналам корпуса поступает в распылительную головку через регулятор давления 13, а красочный состав по трубке 1 — к центральному каналу и открытому отверстию сопла. Выходя через отверстия в распылительной головке, струя воздуха увлекает и дробит

краску на мельчайшие частицы, нанося ее на окрашиваемую поверхность. Пистолеты-краскораспылители обычно снабжаются набором сменных универсальных и щелевых распылительных головок различных размеров, что позволяет изменять в широких пределах количества наносимой краски в зависимости от объема выполняемых работ. Краскораспылители имеют производительность от 20 до 600 м² окрашиваемой поверхности в час при расходе краски от 0,1 до 1,8 л/мин и сжатого воздуха от 2,5 до 25 м³/ч. До последнего времени в строительстве для нанесения лакокрасочных составов использовались в основном окрасочные агрегаты пневматического распыления. Однако при этом велики потери окрасочного состава, ухудшаются санитарные условия при работе. В настоящее время пневматическое распыление заменяют **механическим безвоздушным** (бескомпрессорным) под высоким давлением. Преимущества этого метода заключаются в отсутствии краскового тумана, экономии до 30 % красочного состава, сокращении продолжительности окраски, высокой равномерности покрытия угловых поверхностей и кромок, возможности нанесения покрытий большой толщины из высоковязких лакокрасочных материалов, битумных и волокнистых изоляционных масс. Используются также методы окраски в электростатическом поле. Все агрегаты безвоздушного распыления выполнены и работают по единой принципиальной схеме и различаются между собой в основном конструктивным исполнением и принципом действия насосов высокого давления, которые могут быть механическими, пневмогидравлическими, электрогидравлическими мембранного и поршневого типов. Пример устройства агрегата безвоздушного распыления с электрогидравлическим насосом мембранного типа приведен на рис. 7.4. Принцип действия насоса заключается в следующем. При вращении эксцентрика 2, укрепленного на валу электродвигателя, совершает возвратно-поступательное движение плунжер 3, который через буферную жидкость 10 сообщает колебания мембране 11. Возврат плунжера и мембраны в исходное положение обеспечивается пружинами. Мембрана отделяет гидравлическую полость насоса от красконагнетательной. В процессе возвратно-поступательного движения мембраны осуществляется всасывание материала через всасывающий клапан 9 по шлангу низкого давления 8 с фильтром 7 из расходной емкости и его нагнетание через нагнетательный клапан 12 и фильтр 13 по шлангу высокого давления 14 к пистолету-распылителю 1. Частота колебаний мембраны постоянна и соответствует частоте вращения электродвигателя. Давление нагнетания изменяется бесступенчато от нуля до максимума с помощью регулятора давления 4, перепускающего часть масла из

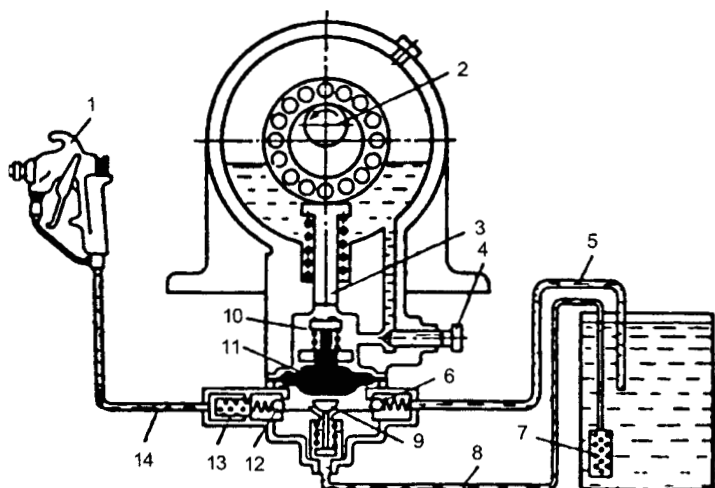


Рис. 7.4. Безвоздушный окрасочный агрегат

зоны расположения плунжера и мембраны в другую часть насоса. При перекрытом канале пистолета-краскораспылителя и работающем насосе красочный состав возвращается в расходную емкость через перепускной клапан 6 по шлангу 5. Один насос может обслуживать несколько пистолетов-краскораспылителей. Агрегаты безвоздушного распыления выполняются переносными и передвижными — на тележках с пневмоколесным ходом. Они характеризуются расходом красочного состава от 3,3 до 14 л/мин, при давлении 120 кгс/см² (12 МПа), потребляемой мощностью 1–2 кВт.

Для механического распыления маловязких водно-меловых и водно-известковых составов служат переносные краскопульты с ручным и механическим приводом (электрокраскопульты), работающие по принципу насосных камер сжатия. Наибольшее распространение получили электрокраскопульты с диафрагменным насосом (рис. 7.5, а). Насос включает корпус 17, клапанную коробку 6 с ресивером 8, резиновую диафрагму 3 и кривошипно-шатунный механизм, состоящий из эксцентрикового вала 18 и шатуна 2. Эксцентриковый вал, соединенный эластичной муфтой с фланцевым электродвигателем 16, сообщает возвратно-поступательное движение шатуну и прикрепленной к нему диафрагме. Диафрагма по периферии зажата между корпусом насоса клапанной коробкой. При ходе шатуна вниз диафрагма опускается и красочный состав засасывается из бачка 19 через

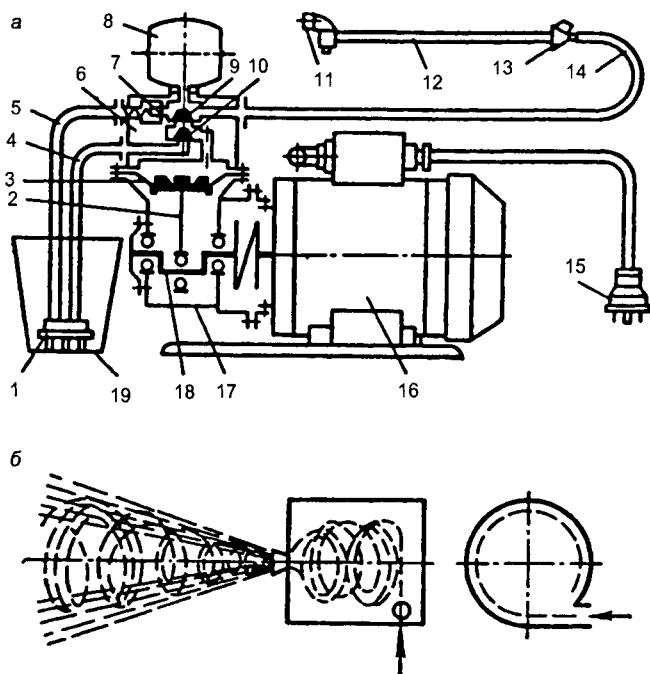


Рис. 7.5. Электрокраскопульт:

а — принципиальная схема; б — схема форсунки вращательного действия

фильтр 1 по всасывающему шлангу 4 через открытый всасывающий клапан 10 (нагнетательный клапан 9 закрыт) в клапанную коробку. При обратном ходе шатуна диафрагма поднимается и выдавливает красочный состав через открытый нагнетательный клапан 9 (всасывающий клапан 10 закрыт) по напорному шлангу 14 к распылительному устройству — удочке 12. Для сглаживания пульсации красочного состава служит ресивер 8. На конце удочки укреплен форсунка 11 вращательного действия, распыляющая красочный состав под давлением 4–6 кгс/см² (0,4–0,6 МПа) в виде круглого факела. Различают форсунки вращательного действия с камерой и с вкладышем. В форсунках с камерой вращение красочного состава обеспечивается впуском его в цилиндрическую камеру из отверстия, расположенного по касательной к цилиндрической поверхности камеры (рис. 7.5, б). В форсунках с вкладышем вращение состава происходит при проходе его по винтовым канавкам, имеющимся во вкладыше. Канал удоч-

ки перекрывается рычажным клапаном 13. При перекрытии удочки избыток красочного состава через перепускной клапан 7 по сливному шлангу 5 поступает обратно в бачок 19. Электрокраскопульт подключается к сети переменного тока напряжением 220/380 В через штепсельное соединение 15.

Производительность отечественных электрокраскопультов при работе с удочкой составляет 200–260 м² окрашенной поверхности в час, дальность подачи по горизонтали до 10 м, по вертикали до 8 м, мощность электродвигателя 0,18 кВт, масса не более 19 кг. Электрокраскопульт обслуживает одновременно 2–3 удочки.

ГЛАВА 8. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ИЗОЛЯЦИИ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Одной из основных проблем при строительстве трубопроводов является надежная защита их от внешней коррозии, вызываемой воздействием окружающей среды и блуждающих токов. В настоящее время защита трубопроводов от электрокоррозии и почвенной коррозии обеспечивается применением средств электрозащиты и наложением на наружную поверхность труб противокоррозионных изоляционных покрытий, которые предохраняют металл трубопроводов от непосредственного контакта с грунтом, грунтовыми и агрессивными водами. Процесс наложения защитной изоляции складывается из двух последовательно выполняемых операций: очистки и грунтовки наружной поверхности труб и покрытия их слоем битумной изоляции или полимерными лентами. В полевых условиях каждая из этих операций выполняется непосредственно на трассе прокладки трубопровода специальными очистными и изоляционными машинами, которые передвигаются своим ходом по трубопроводу, удерживаемому в приподнятом положении кранами-трубоукладчиками. При прокладке трубопроводов в городских условиях трубы очищают, грунтуют и изолируют на специальных трубозаготовительных базах.

8.1. ОЧИСТНЫЕ МАШИНЫ

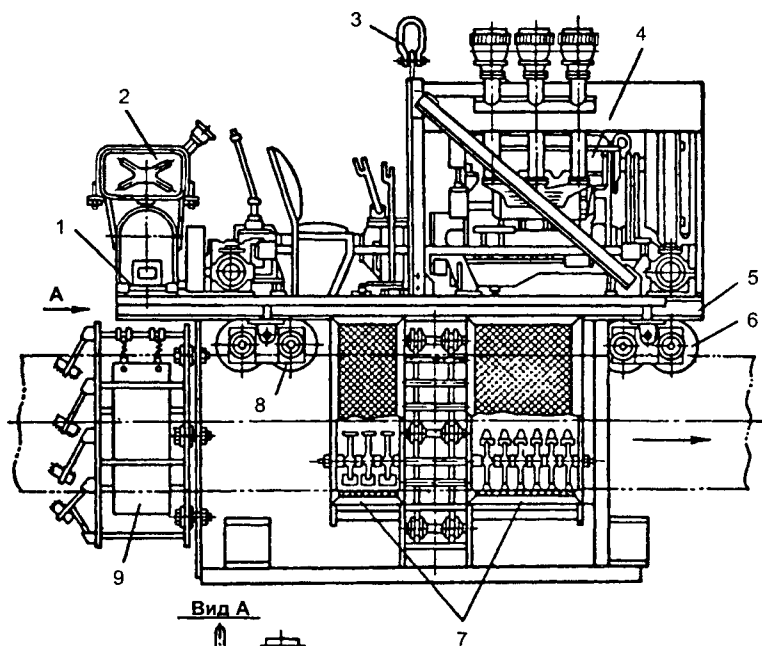
Самоходные очистные машины предназначены для очистки механическим способом наружной поверхности труб от слоя грязи,

жирных пятен, окалины, ржавчины и ржавой пыли до металлического блеска, а также для покрытия очищенной поверхности труб тонким слоем холодной грунтовки – праймером (раствор битума в бензине по весовому соотношению 1 : 2,5). Очистка труб до металлического блеска при их сильной заржавленности производится обычно за два прохода машины или двумя машинами, следующими одна за другой. В последнее время начат выпуск комбинированных машин (комбайнов), у которых операции очистки и изоляции трубопровода совмещены.

Самоходные очистные машины типа ОМ и ОМЛ, предназначенные для очистки трубопроводов диаметром 89–1420 мм, по конструкции и кинематике имеют много общего и отличаются друг от друга (в зависимости от диаметров очищаемых трубопроводов) габаритными размерами, мощностью силовой установки, массой и количеством рабочего инструмента.

Основными узлами самоходной очистной машины (рис. 8.1) являются: несущая рама 5 с приводными ходовыми колесами 6 и 8, силовой агрегат 4 – двигатель внутреннего сгорания (дизельный или карбюраторный), передний рабочий орган 7 для очистки труб, задний рабочий орган 9 для нанесения на трубу грунтовки и узлы трансмиссии, предназначенные для передачи вращения от двигателя на ходовые колеса и рабочие органы машины. На раме установлены также бак 1 для грунтовки, бак 2 для топлива и грузовая подвеска 3, с помощью которой машина подвешивается на крюке работающего в паре с ней трубоукладчика при подъеме и опускании. При движении по трубопроводу машина дополнительно опирается на колесное устройство 10, обеспечивающее устойчивость машины.

В зависимости от условий работы это устройство монтируется с правой или левой стороны машины. Для чистки труб используется специальный набор рабочих инструментов, состоящий из комплекта скребков с твердой наплавкой и плоских стальных металлических щеток, смонтированных по окружности двух отдельных роторов переднего рабочего органа, вращающихся во взаимно противоположных направлениях. Скребки предназначены для удаления грязи, окалины и основного слоя ржавчины и монтируются на переднем (по ходу машины) роторе. Щетки служат для окончательной очистки поверхности трубопровода от рыхлого слоя ржавчины и устанавливаются за скребками на заднем роторе. Каждый из роторов опирается на ролики и состоит из приводной звездочки и двух плоских колец, связанных между собой осями. На осях шарнирно надеты



Вид А

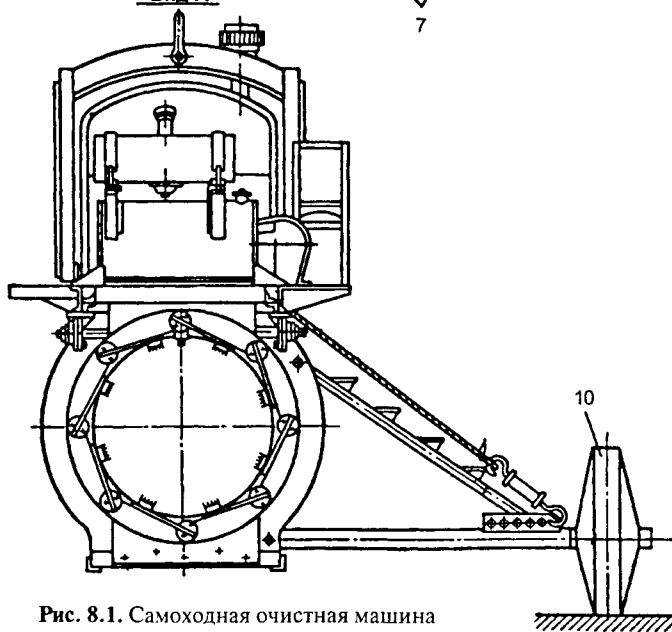


Рис. 8.1. Самоходная очистная машина

рычаги с очистным инструментом. Прижатие скребков и щеток к очищаемой поверхности осуществляется пружинами.

Нанесение грунтовки на очищенную поверхность трубопровода производится двумя джудо-кордовыми полотенцами и мягкими травяными щетками, смонтированными на роторе праймирования заднего рабочего органа. Грунтовка поступает к полотенцам ротора праймирования из грунтовочного бака через регулирующий подачу кран и сопло гидравлического провода. При вращении ротора вокруг трубы полотенца захватывают грунтовку и равномерно распределяют ее по очищенной поверхности тонким слоем, который затем втирается травяными щетками.

Наличие коробки скоростей в системе привода ротора праймирования и ходовых колес позволяет регулировать скорости нанесения грунтовки и движения машины в зависимости от степени загрязненности поверхности труб. Управление машиной осуществляется рычагами сосредоточенными у сиденья оператора. Максимальная скорость передвижения машин типа ОМ и ОМЛ составляет 0,1–0,54 км/ч, частота вращения ротора 65–240 об/мин, мощность двигателя 6–100 кВт, масса 0,45–13,6 т.

При работе очистных машин необходимо строго соблюдать правила противопожарной безопасности, так как праймер приготовлен на легковоспламеняющемся бензине.

8.2. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАШИНЫ

Самоходные изоляционные машины выпускаются двух типов: типа ИМ для изоляции трубопроводов битумными мастиками с последующей обмоткой армирующими и защитными рулонными материалами (бумагой, бризолом, гидроизолом) и типа ИЛ для изоляции трубопроводов полимерными лентами.

Машина типа ИМ (рис. 8.2) состоит из несущей рамы 4 с ходовыми колесами 3, двигателя внутреннего сгорания 5, бака 10 для битумной мастики, узлов трансмиссии, битумных насосов 8 с системой битумопровода, устройства для нанесения изоляции – обечайки 9, обмоточной головки 2 со шпулями 1 для рулонного материала, подогревающего устройства 6 и поддерживающего механизма 7. Двигатель приводит в движение через трансмиссию ходовые колеса, битумные насосы и обмоточную головку. На раме машины укреплена специальная подвеска, с помощью которой она подвешивается на крюке трубоукладчика при подъеме и опускании.

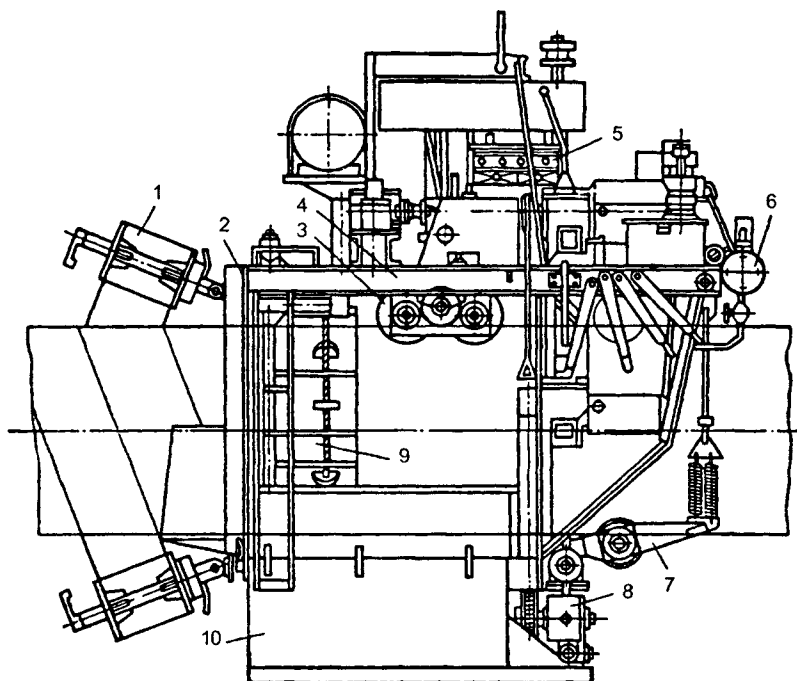


Рис. 8.2. Самоходная машина для наложения битумной изоляции

Изоляционные машины производят наложение изоляции поливом мастики на поверхность трубы при помощи кольцевой обечайки. Обечайка служит для приема битумной мастики, равномерного распределения ее по поверхности трубы и формирования изоляционного слоя толщиной 3–6 мм. Каждая изоляционная машина снабжается комплектом сменных обечайек в соответствии с диаметром труб, для изоляции которых она предназначена. Питание обечайки битумной мастикой производится одновременно через верхнюю и нижнюю горловины, расположенные в головной части. Горячая мастика в горловины подается под напором из битумного бака (рис. 8.3) двумя шестеренными насосами 1 и 2 через фильтр 3, напорную трубу 4, трехходовой кран 5 по битумопроводу 6. В битумный бак горячая мастика заливается из битумовоза или перекачивается из битумного котла насосами бака.

Для обертывания трубопровода рулонными материалами в задней части рамы машины на роликах смонтирован (см. рис. 8.2) зубчатый

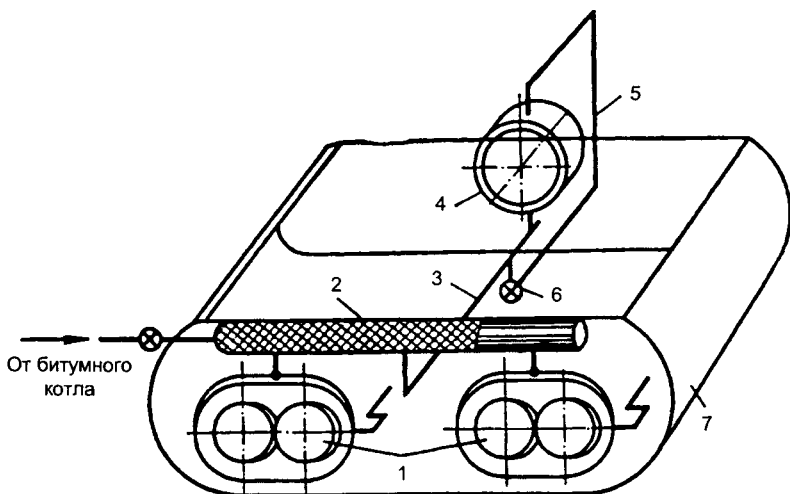


Рис. 8.3. Битумопровод изоляционной машины

обод 2 с двумя или четырьмя шпулями 1, укрепленными на специальных кронштейнах. При вращении обода шпули вращаются вместе с ним и обертывают трубу изолирующей лентой. Угол наклона оси шпуль к оси трубы регулируется в зависимости от ширины изолирующей ленты и диаметра трубопровода. Для обеспечения плотного прилегания рулонного материала к трубе шпули снабжены тормозным устройством.

Управление машиной производится с земли при помощи рычагов, выведенных на обе ее стороны. Скорость передвижения машин типа ИМ 0,2–1,8 км/ч при мощности двигателей 5–55 кВт и общей массе машин от 0,35 до 8,4 т.

В последнее время все большее распространение получают машины типа ИЛ для изоляции трубопроводов полимерными лентами шириной 200–500 мм. Машины типа ИЛ оборудованы устройством, наносящим на поверхность трубопровода слой клея для приклеивания полимерной ленты.

Каждая машина типа ИЛ (рис. 8.4) представляет собой самоходную тележку-раму 1, на которой смонтированы двигатель 2, узлы трансмиссии, обмоточный ротор 4 со шпулями 3 для полимерной ленты, а также устройства для нанесения клея и снятия статического электричества. Шпули обеспечивают равномерное натяжение лен-

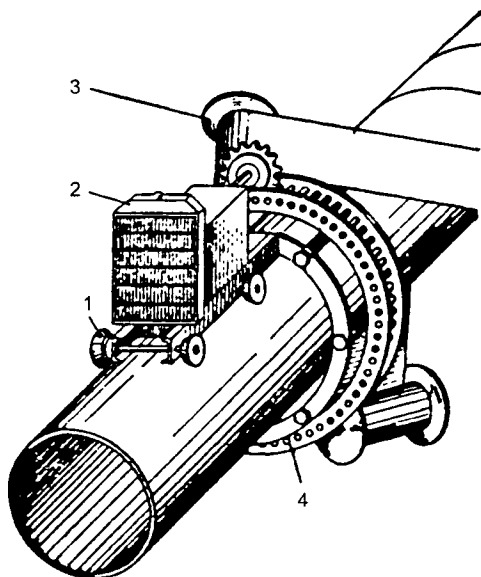


Рис. 8.4. Самоходная машина для намотки липкой полимерной ленты

ты в процессе ее намотки на трубопровод с усилием до 2000 Н. Для облегчения установки рулонов ленты на шпули машина оборудуется подъемником. Машины типа ИЛ применяются для изоляции трубопроводов диаметром 325–1420 мм, движутся по трубопроводу со скоростью 100–800 м/ч, имеют мощность двигателя 22–30 кВт и общую массу 3,8–6,0 т.

Для изоляции полимерной лентой трубопроводов малых диаметров (57–114 мм) используется приспособление типа ПИЛ, приводимое в действие от двигателя внутреннего сгорания и вручную. Рабочим органом этого приспособления является ротор с двумя шпулями для полимерной ленты.

ГЛАВА 9. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

9.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

Техническое обслуживание должно обеспечивать поддержание машин в работоспособном состоянии, уменьшение интенсивности изнашивания сопряженных деталей, выявление и предупреждение отказов и неисправностей, а ремонт – восстановление работоспособности машины.

Система плано-предупредительного технического обслуживания и ремонта предусматривает: ежесменные, плановые и сезонные технические обслуживания, а также текущие и капитальные ремонты.

Ежесменное техническое обслуживание (ЕО) должно обеспечить работоспособность машины на протяжении всей рабочей смены и выполняется перед началом, в течение или после рабочей смены.

Плановое техническое обслуживание (ТО) дает возможность снизить интенсивность изнашивания деталей машин путем проведения профилактических мероприятий и выполняется в плановом порядке через определенные, установленные заводами-изготовителями, величины наработки.

Плановые технические обслуживания для конкретных машин могут различаться между собой периодичностью выполнения и составом работ. В этом случае каждому виду планового обслуживания присваивается порядковый номер, начиная с первого (ТО-1, ТО-2, ТО-3). ТО-3 выполняется одновременно с текущим ремонтом.

Сезонное техническое обслуживание (СО) проводят с целью подготовки машин к осенне-зимней или весенне-летней эксплуатации, к хранению или снятию с хранения и выполняется два раза в год.

Ремонт машин – это комплекс технологических операций по восстановлению работоспособности машины или отдельных ее сборочных единиц, нарушенной износами или дефектами.

В соответствии с характером и объемом работ ремонт машин подразделяется на два вида: текущий и капитальный.

Текущий ремонт (Т) является эксплуатационным ремонтом, в процессе которого устраняют неисправности отдельных сборочных единиц, а также производят их замену исправными.

Капитальный ремонт (К) предусматривает полную разборку всей машины, восстановление деталей и сборку машины из сборочных единиц.

9.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

Организация технического обслуживания машин определяется характером строительных работ и видом технического обслуживания.

Все виды строительных работ можно подразделить на две группы: сосредоточенные и линейные.

Сосредоточенные работы характеризуются крупными объемами, которые выполняются на участках сравнительно небольшой протяженности. В этих условиях значительное количество машин находится на недалеком расстоянии друг от друга, что позволяет организовать все или большинство работ по техническому обслуживанию в одном пункте. Таким пунктом может быть эксплуатационное предприятие, располагающее стационарными мастерскими, куда направляются для выполнения технического обслуживания мобильные машины.

Линейные работы, характеризующиеся малыми объемами работ, выполняемыми на значительном расстоянии друг от друга, обычно обслуживаются малым количеством машин. Эти машины подвергаются техническому обслуживанию с использованием агрегатов технического обслуживания и передвижных мастерских.

Ежесменное техническое обслуживание машин, возвращающихся в эксплуатационное предприятие, выполняют в условиях этого предприятия. Машины, которые после окончания работ не возвращаются в эксплуатационное предприятие, подвергаются техническому обслуживанию на месте производства работ. Во всех случаях ежесменное техническое обслуживание выполняет машинист машины.

В основу организации работ по периодическому техническому обслуживанию машин положен принцип специализации и централизации работ. Централизованная форма технического обслуживания характеризуется тем, что все рабочие операции выполняются бригадами рабочих высокой квалификации под руководством инженерно-технического персонала.

Все операции технического обслуживания следует производить с предварительным контролем технического состояния машины, основным методом которого является техническая диагностика.

Организация диагностирования машин имеет непосредственное отношение к организации технического обслуживания, так как является составной частью последнего.

В эксплуатационных предприятиях могут использоваться стационарные посты диагностики, но непременным условием является также наличие передвижных станций, предназначенных для этой же цели.

Диагностирование может быть организовано по совмещенной или специализированной схемам. Совмещенное диагностирование чаще применяют при наличии собственных стационарных звеньев диагностирования и неполной загрузке их контрольно-диагностическими работами.

При совмещенном диагностировании выполняют весь объем работ, предусмотренный для периодического обслуживания, а при специализированном – только контрольно-диагностические операции.

Текущий ремонт строительных машин выполняют в условиях эксплуатационного предприятия или же в условиях строительной площадки. В последнем случае широкое применение находят передвижные мастерские.

Капитальный ремонт осуществляется ремонтными заводами. В настоящее время используют два метода капитального ремонта: индивидуальный и агрегатно-узловой.

При *индивидуальном методе ремонта* отремонтированные сборочные единицы устанавливают на ту же машину, с которой они были сняты.

При *агрегатно-узловом методе ремонта* сборочные единицы обезличиваются. Снятые с машины сборочные единицы направляют в ремонт, а взамен их устанавливают на машины сборочные единицы из оборотного фонда, которые заранее отремонтированы.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

ГЛАВА 10. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

10.1. 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 строительно-монтажные 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.

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 материалы, 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 взаимоувязки 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.

10.2. 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. Технология строительства таких заглубленных водозаборных сооружений, часто в водонасыщенных и неустойчивых грунтах или даже в пределах водо-

емов, 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 монолитного 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 прокладывают напорные водоводы из металлических или неметаллических труб больших диаметров, что сопряжено с необходимостью рытья для них траншей, иногда с креплением их стенок, а также с прокладкой труб сваркой или заделкой стыков, их испытанием и обратной засыпкой. По ходу прокладки таких трубопроводов встречаются различные преграды — дороги, овраги, реки, каналы, в местах которых требуется устраивать переходы либо под ними, 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. 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, в том числе щитовой 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.

10.3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И РАБОТЫ

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 неподвижными.

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, изменяющие конечные свойства материальных элементов, а именно: прочность, плотность, напряженность, теплопроводность, водонепроницаемость и др.

В современном индустриальном строительстве технологические процессы строительного производства классифицируют на *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.), а также в условиях строительной площадки (приобъектные бетонно-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.

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 них 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 соединение в одно целое элементов строительных конструкций, деталей трубопроводов, узлов 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 строительных 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.

10.4. 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 квалификаций, 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.

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 организации 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 бóльшего числа рабочих, чем звено, или из нескольких звеньев. Количественный и квалификационный состав звеньев и бригад устанавливают 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, изолировщики, 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 находятся 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 строительно-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

делянки и захваты должны назначаться с таким расчетом, чтобы были обеспечены фронт работ и необходимые условия для высокопроизводительного и безопасного 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.

10.5. 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.

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.):

$$K_{\text{эн}} = M/N.$$

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.

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. 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 нормоконкомплект 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.

10.6. 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.

$$N_{\text{выр}} = 1/N_{\text{вр}}$$

где $H_{\text{выр}}$ – 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 (%)

$$Y_{\text{п.т.}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{ф}}} 100\%,$$

где $T_{\text{н}}$ – нормативное время для выполнения данного объема работы; $T_{\text{ф}}$ – фактически затраченное время.

По количеству продукции $\Pi_{\text{н}}$, которая должна быть получена за единицу времени, и по фактически выполненной продукции $\Pi_{\text{ф}}$:

$$Y_{\text{п.т.}} = \frac{\Pi_{\text{ф}}}{\Pi_{\text{н}}} 100\%.$$

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

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

Технические нормы используют при разработке 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.

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 являются 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. 10.1).

Таблица 10.1

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.

10.7. 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 рабочему 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 фактически 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 *безрядную систему* оплаты труда, при которой заработную плату строительным подразделениям начисляют от стоимости выполненных работ.

10.8. 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.

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.

10.9. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ СТРОИТЕЛЬНО-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 энергетически 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 устанавливаются 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, неудовлетворитель-

ного 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 испытаний 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 получать 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 строительно-монтажных работ достигается систематическим контролем выполнения каждого производственного процесса. С позиций организации контроль качества подразделяется на внутренний и внешний.

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 строительно-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 строительно-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.

10.10. 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, бригадиры и рабочие должны знать и строго соблюдать указания по технике безопасности и производственной санитарии, направ-

ленные 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 строительно-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 вредностей (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 11. ПРОЦЕССЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

11.1. 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 называют работы по разработке грунта в выемках, его транспортированию (перемещению) и укладке в насыпи. Выемки и насыпи представляют собой земляные сооружения (рис. 11.1), 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 поверхность 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 (см. рис. 11.1, з).

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.

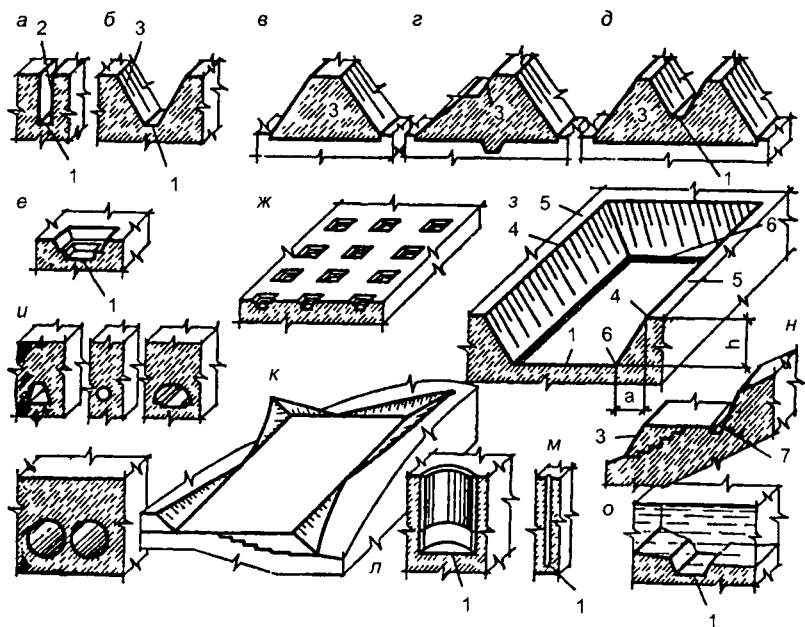


Рис. 11.1. Виды земляных сооружений:

а, б — траншеи с вертикальными стенками и с откосами, в — дамба, г — плотина, д — канал в насыпи, е — котлован под фундамент, ж — система котлованов под фундаменты колонн сооружения, з — котлован под сооружение, 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 — подошва, 7 — водоотводной кювет

Вид и свойства грунтов характеризуют размеры и форма ее зерен (частиц), их прочность, расположение и взаимосвязь. По совокупности признаков грунты делятся на группы, виды и разновидности.

По характеру структурных связей грунты подразделяют на два класса: скальные и нескальные. *Скальные грунты* характеризуются высокой прочностью связей между зернами. *Нескальные грунты* делятся на связные и несвязные.

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 их механизированной разработки все грунты разделены на группы (см. ЕНиР), что следует учитывать при выборе и определении выработки землеройных механизмов. Всего групп четыре: сравнительно легкоразрабатываемые грунты (песчаные, лёссовые, супеси) относятся к I–II группам, а тяжелоразрабатываемые (суглинки, глины и др.) – к III и IV группам.

11.2. 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 (УГВ) или в грунтах, осушенных с помощью искусственного водопонижения, регламентируется СНиПами (см. табл. 11.1).

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 (φ) и удельного сцепления грунта (c) с учетом нагрузки на берме откоса.

Таблица 11.1

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	56	1 : 0,67	45	1 : 1	38	1 : 1,25						
Песчаный и гравийный влажный (ненасыщенный)	63	1 : 0,5	45	1 : 1	45	1 : 1						
Глинистый: супесь суглинок	76	1 : 0,25	56	1 : 0,67	50	1 : 0,85						
	90	1 : 0	63	1 : 0,5	53	1 : 0,75						
Глина	90	1:0	76	1:0,25	63	1:0,5						
Лёсс и лёссовидный	90	1 : 0	63	1 : 0,5	63	1 : 0,5						
Моренный: песчаный, супесчаный суглинистый	76	1 : 0,25	60	1 : 0,57	53	1 : 0,75						
	78	1 : 0,2	63	1 : 0,5	57	1 : 0,65						

Ориентировочно крутизну откоса таких выемок в непереувлажненных грунтах для средних значений (φ) и (с) можно принимать по табл. 11.2. При необходимости отрывки выемок ниже УГВ, где будут обводненные грунты, крутизну и откосов принимают по табл. 11.3.

Таблица 11.2

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

Допустимая крутизна откосов в обводненных грунтах

Грунт	При глубине выемки, м	
	до 2	более 2
Песок:		
мелкозернистый	1 : 1,5	1 : 2
средне- и крупнозернистый	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	1,0
в супесях	1,25
в суглинках и глинах (кроме очень прочных)	1,5
в очень прочных суглинках и глинах	2,0

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. 11.2, а). Тип крепления выбирают 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.

Распорные крепления наиболее распространены. Они применяются для траншей глубиной до 3 м и состоят из щитов (сплошных или

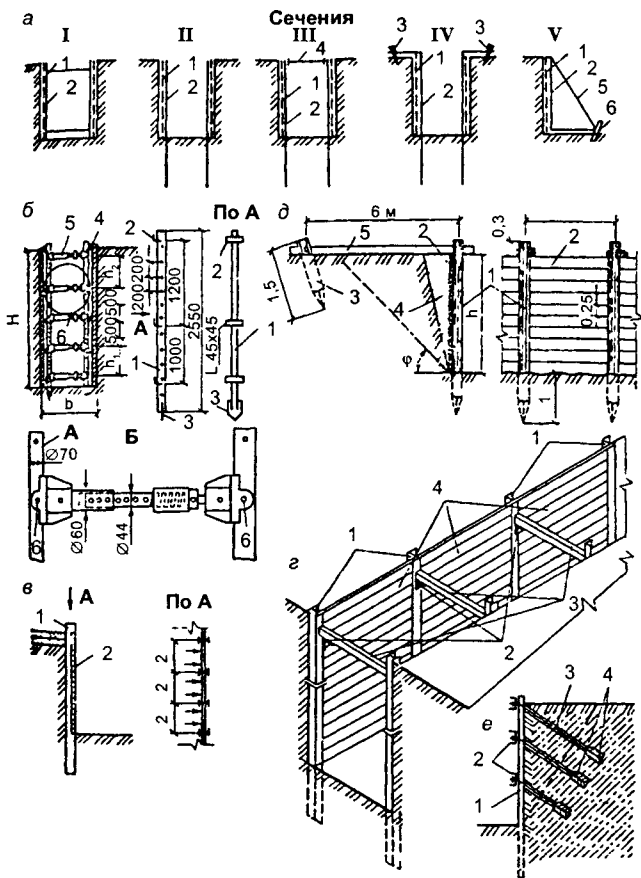


Рис. 11.2. Крепление вертикальных стен выемок:

а — схемы типов конструктивных решений креплений стенок траншей и котлованов: I — распорное; II — консольное; III — консольно-распорное; IV — консольно-анкерное; V — подкосное: 1 — 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 — засыпка; 5 — тяжи, е — шпунтовое ограждение с внутренним анкерным креплением: 1 — шпунтовая стенка, 2 — балки; 3 — тяги; 4 — анкеры

с прозорами), стоек (или прогонов), раздвижных винтовых распорок или рам. На рис. 11.2, б приведен инвентарный вариант исполнения крепления. Такое крепление состоит из деревянных щитов $2 \times 0,5$ м, вертикально соединенных брусьев 80×150 мм, металлических стоек из труб диаметром 70 мм с отверстиями для крепления разжимных телескопических распорок. Крепление стен производят сразу же после отрывки траншеи.

Консольные (рис. 11.2, в) и *консольно-распорные* (рис. 11.2, г) крепления используются при глубинах отрывки 3 м и в слабых водонасыщенных грунтах. Конструктивными элементами креплений этого типа являются: металлические стойки-сваи, сплошная заборка из досок и распорки между стойками.

Консольно-анкерные крепления (рис. 11.2, д) в отличие от консольных имеют анкеры, состоящие из якорей и тяжей к стойкам. Якоря обычно устанавливают от бровки на расстоянии не менее $1,5 h$ (где h — глубина выемки), а их количество определяют по расчету.

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 шпунтин с замковыми соединениями. Существует три варианта исполнения шпунтовых ограждений: консольное, распорное и анкерное (рис. 11.2, е).

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

11.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ КОТЛОВАНОВ И ТРАНШЕЙ

Чтобы определить объемы 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 сооружений 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 монта-

же сборных или возведении монолитных сооружений; схемы доставки и раскладки конструкций в монтажной зоне, установки опалубки, лесов и подмостей.

Поскольку при устройстве систем водоснабжения и водоотведения строят заглубленные и чаще всего емкостные сооружения прямоугольной 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 (но учитывая общие размеры сооружений) можно выделить следующие четыре основные 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 стен и примыкающего пролета сооружения монтируется 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 превышают 15 м ($B_{\text{соор}} < 15$ м). Размеры котлована (ширина B_k и длина L_k) при этом определяются исходя из внешних размеров сооружения с небольшим уширением его дна с каждой стороны для удобства выполнения работ (рис. 11.3, а):

$$B_k = B_{\text{соор}} + 2b_1; L_k = L_{\text{соор}} + 2b_1,$$

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. 11.3, б) и для раскладки сборных конструкций по фронту работ:

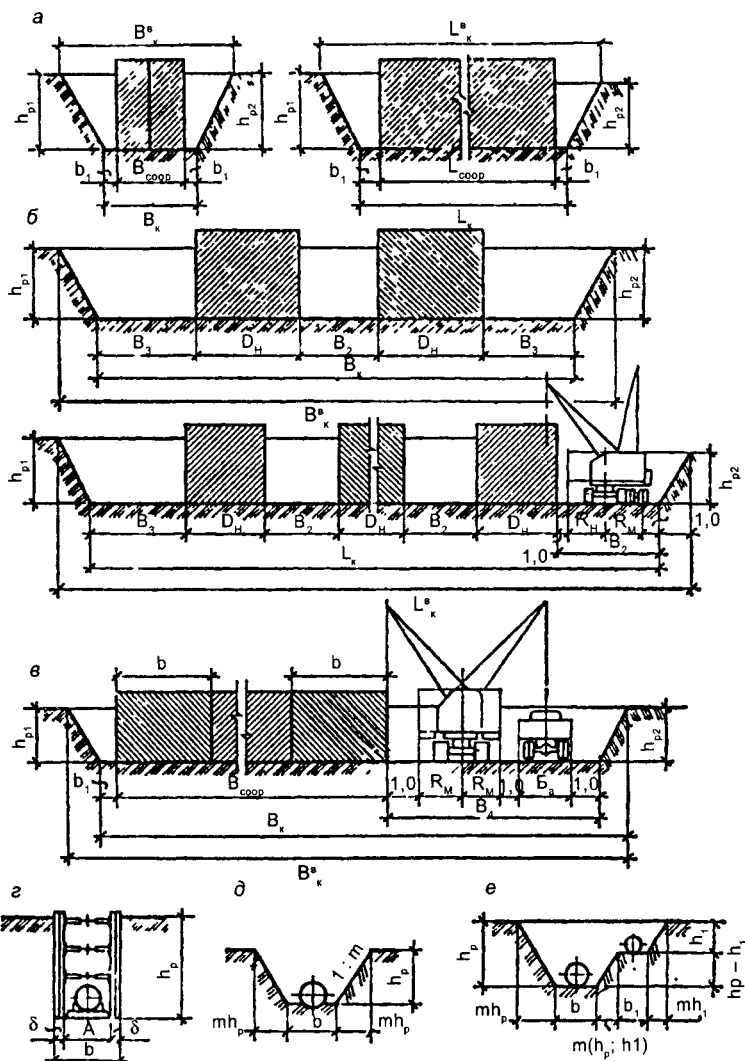


Рис. 11.3. Схема для определения размеров котлованов и траншей:

а — котлованов малых размеров в плане ($B_{\text{coop}} < 15 \text{ м}$); б — то же, средних ($B_{\text{coop}} \geq 15 \text{ м}$); в — то же, больших ($B_{\text{coop}} > 15 \text{ м}$); г — траншей с вертикальными стенками и креплениями; д — трапециевидных; е — сложного сечения при совмещенной прокладке трубопроводов

$$B_k = D_n n + (n-1)B_2 + 2B_3;$$

$$L_k = D_n n_1 + (n_1-1)B_2 + 2B_3,$$

где D_n – 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;

$$B_3 = 1 \cdot 2 + 2R_m = 2(1 + R_m),$$

где 1 – просвет между движущимися краном и сооружением (или откосом выемки), м; R_m – радиус поворота машинной платформы крана.

По схеме III обычно строят крупные сооружения (рис. 11.3, в), размеры которых в плане в несколько раз (n) превышают 15 м ($B_{\text{coop}} > 15n$, м). В этом случае размеры котлована:

$$B_k = B_{\text{coop}} + b_1 + B_4; \quad L_k = L_{\text{coop}} + 2l_1;$$

где B_4 – уширение котлована для монтажа конструкций последней секции сооружения (рис. 11.3, 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);

$$B_4 = 1 \cdot 3 + 2R_m + B_a,$$

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

По схеме IV строят крупные сооружения при $B_{\text{coop}} > 15n$, 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 определяют исходя из их размеров понизу B_k, L_k глубины выемки H и принятых коэффициентов заложения откоса m для соответствующих грунтов и глубин котлованов

$$B_k^0 = B_k + 2mH; \quad L_k^0 = 2mH.$$

Размеры траншей. Наименьшую ширину траншеи по дну $B_{\text{тр мин}}$ (согласно СНиПу) следует принимать в зависимости от типа и диаметра прокладываемых труб, способа их укладки (табл. 11.4).

Принятую по данной таблице ширину траншеи по дну ($B_{\text{тр}}$), если ее предполагается разрабатывать одноковшовым экскаватором,

Наименьшая ширина траншеи по дну

Способ укладки трубопровода	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	— —	— —
Отдельными трубами при наружном диаметре D, м до 0,5 от 0,5 до 1,6 от 1,6 до 3,5	D + 0,5 D + 0,8 D + 1,4	D + 0,6 D + 1 D + 1,4	D + 0,8 D + 1,2 D + 1,4

необходимо проверить на ширину ковша принятого экскаватора, которая в зависимости от его вместимости, m^3 , может быть определена по формуле

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

где q – вместимость ковша выбранного экскаватора, m^3 .

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.

Если получится, что ширина траншеи меньше величины b_k с добавлением этих запасов, то необходимо либо принимать экскаватор с меньшей шириной ковша, т.е. меньшей емкости, 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 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. Про-

дольный уклон траншеи устанавливается проектом в зависимости от назначения трубопровода. Для заделки стыковых соединений труб в траншеях отрывают прямки необходимых размеров, указанных в СНиПе.

11.4. 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. Подсчет объемов земляных работ необходим для того, чтобы обоснованно выбрать методы и средства их выполнения, установить необходимость отвозки или возможность распределения вынутого из котлованов или траншей грунта на прилегающей территории и последующего его использования для устройства обратных засыпок, определить стоимость и продолжительность производства земляных работ.

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^a , L_k^a и затем вычисляют объем грунта, подлежащего разработке при устройстве котлована.

Объем котлована V_k прямоугольной формы с откосами (рис. 11.4, а) определяют по формуле опрокинутой усеченной пирамиды (призматоида):

$$V_k = H/6 [B_k L_k + B_k^a L_k^a + (B_k + B_k^a)(L_k + L_k^a)],$$

где B_k и L_k – ширина и длина котлована по дну, м; B_k^a и L_k^a – то же, поверху; H – глубина котлована, м.

Объем котлована, имеющего форму многоугольника с откосами (рис. 11.4, б),

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

где F_1 и F_2 – площади дна и верха котлована, м²; F_{cp} – площадь сечения по середине его высоты, м².

Объем квадратного котлована с откосами определяют по формуле опрокинутого призматоида:

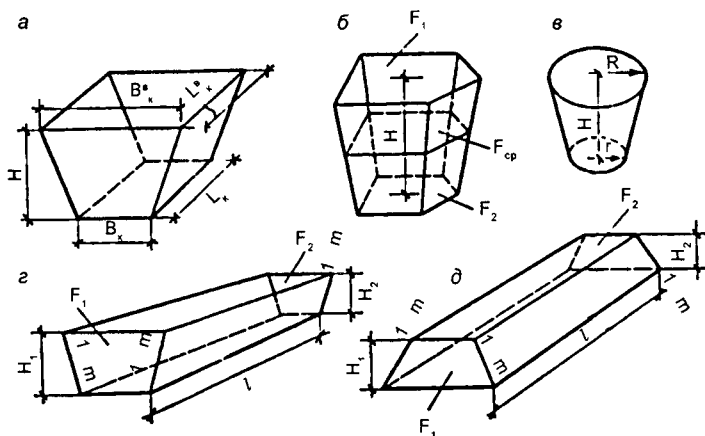


Рис. 11.4. Схема для определения объемов земляных работ при устройстве котлованов различной формы, траншей и насыпей:

а, б, в — котлованы прямоугольные, многоугольные и круглые, г — траншея с откосами, д — насыпь

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

Объема круглого в плане котлована с откосами (рис. 12.1, в) определяют по формуле опрокинутого усеченного конуса:

$$V_k = \pi H/3(R^2 + r^2 + Rr),$$

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_k , L_k понизу и B_k^a , L_k^a 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 рассчитывают 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:

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

где H – глубина котлована в местах устройства траншей, м; b – ширина их понизу, принимаемая равной 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

$$V_{общ} = V_k + nV_{в\ tr},$$

где V_k – объем собственно котлована, м³; n – количество въездных и выездных траншей; $V_{в\ tr}$ – их объем, м³.

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, на которое опирается сооружение.

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, м³; V_c^p – то же, в пределах рабочей зоны, м³.

$$V_c^k = B_k^a L_k^a t_c,$$

где B_k^a , L_k^a – ширина и длина котлована поверху, м; t_c – толщина срезаемого слоя, принимаемая равной 0,15–0,20 м.

$$V_c^p = B l,$$

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

Объем работ по зачистке недобора по дну котлована равен

$$V_{зк} = B_k L_k h_n,$$

где B_k , L_k – ширина и длина котлована понизу, м; h_n – толщина недобора, м.

Толщину недобора при отрывке котлованов одноковшовыми экскаваторами определяют в зависимости от вида рабочего оборудования экскаватора и вместимости его ковша по табл. 11.5.

Таблица 11.5

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 ³				
	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 затем суммируют.

Объем траншеи с вертикальными стенками

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

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 траншеи с откосами (рис. 11.3, д) можно определить по вышеприведенной формуле, при этом площади поперечных сечений

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

Более точно объем траншеи 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. 11.3, *e*), площадь их поперечного сечения вычисляют как сумму площадей траншеи полного сечения для трубопровода глубокого заложения и дополнительной траншеи для трубопроводов меньшего заложения с основанием $V_{тр1}$, равным $V_{тр1} = D_n + 2 \cdot 0,2$ м (где D_n – наружный диаметр трубопровода).

Для удобства подсчета объема земляных работ трассу трубопровода разбивают через определенные расстояния (через 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 ($V_{тр}$), разбив трассу на пикеты через l м и определив глубины траншей (H) на каждом пикете (путем построения продольного профиля трубопровода) и определив коэффициенты крутизны откосов (поперечных сечений на каждом из них (m), зная вид залегающих грунтов и глубины выемки, данные записывают в таблицу (табл. 11.6).

Таблица 11.6

ТАБЛИЦА ПОДСЧЕТА ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРАНШЕИ С НАКЛОННЫМИ ОТКОСАМИ

Пикеты	$V_{тр1}$, м	H , м	m	F , м ²	$\frac{F_1 + F_2}{2}$	l_i , м	$V_{тр}$
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		$\Sigma = 400$	$\Sigma V_{тр} = 4360$

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

При отрывке 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

$$V_{з.т} = B_{тр} L h_n,$$

где $B_{тр}$ – ширина траншеи по дну, м; L – общая длина траншеи, м; h_n – толщина недобора (см. табл. 11.5).

Объем работ по устройству приямков на дне траншеи

$$V_n = abcL/l,$$

где $a, б, с$ – размеры приямков, м (принимаются по СНиПу); L – протяженность трубопровода, м; l – длина трубы или трубной секции, м.

Несущая способность труб в значительной мере зависит от характера опирания их на основание. Так, например, трубы, уложенные в грунтовое ложе с углом охвата 120° , выдерживают нагрузку на 30–40 % большую, чем трубы, уложенные на плоское основание. Поэтому на дне траншеи перед укладкой труб целесообразно вручную или механизированным способом устраивать, т.е. нарезать специальное овальное углубление (ложе) с углом охвата труб до 120° .

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

$$V_n = F_n L,$$

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

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

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

где r – радиус трубопровода, т.е. $D/2$, м; φ – 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 .

$$V_c^t = \left(\sum_1^n F_c^t \right) H_c,$$

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).

$$F_c^i = [B_{тр} + m(H_1 + H_2)]L_1,$$

где $B_{тр}$, m – то же, что и в предыдущих формулах; H_1 , H_2 – глубины траншеи на смежных пикетах, m ; L_1 – расстояние между пикетами, m .

$$V_c^p = BH_cL,$$

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

Объем грунта, разрабатываемого экскаватором, определяется по формуле

$$V_3 = V_{тр} - (V_c^T + V_3).$$

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

$$V_0 = \frac{(V_{тр} - V_T)100}{100 + K_{op}},$$

где K_{op} определяется по ЕНиР Сб.Е2, прил. 2; V_T – объем грунта, вытесняемый трубопроводом и вывозимый за пределы площадки,

$$V_T = 1,05 \frac{\pi D_n^2}{4} L,$$

где D_n , L – наружный диаметр трубы и общая длина трубопровода, m ; $1,05$ – коэффициент увеличения объема вытесняемого грунта за счет раструбов (учитывается при прокладке раструбных труб).

Объемы насыпей (см. рис. 11.4, *д*) можно вычислять по тем же формулам, что и выемок, учитывая форму насыпи (призматок, 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. 11.5, а, б) со сторонами а (20–100 м). Объемы выемок или насыпей, заключенные в отдельных прямоугольных призмах,

$$V = \pm(a^2/4)(h_1 + h_2 + h_3 + h_4),$$

где а – 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.

После возведения в котловане сооружения пустоты с боков его (пазухи), 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 $V_{зч}$, т.е. $V_{зас.к} = V_{общ} - V_{зч}$. 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 обсыпаемой части сооружения $V_{обс.ч}$ в пределах высоты $h_{обс}$ (рис. 11.5, 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. 11.5, г).

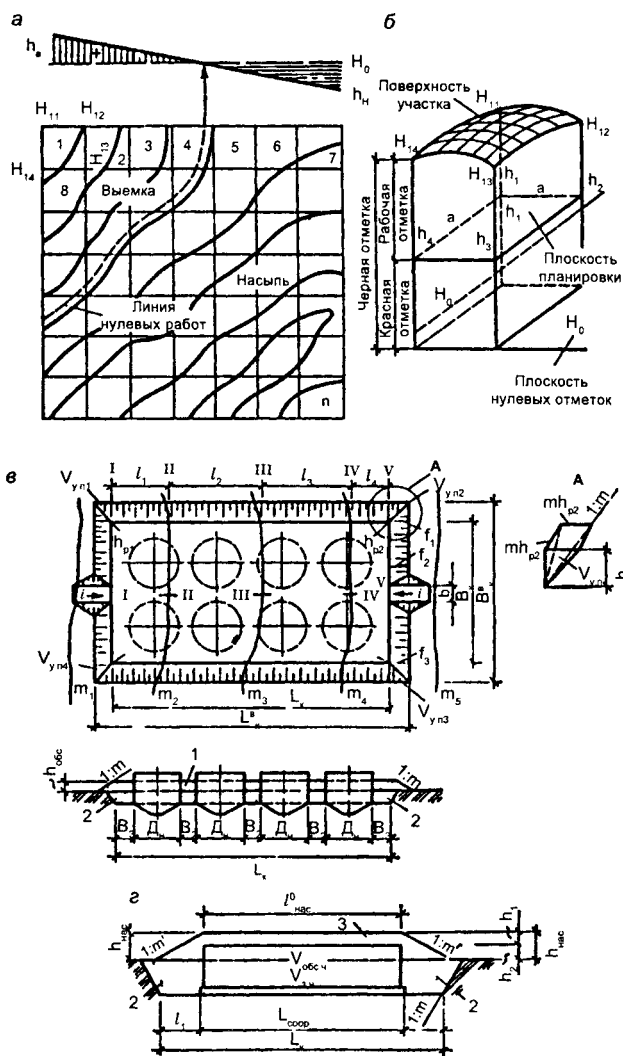


Рис. 11.5. Схемы к подсчету объемов вертикальной планировки, засыпки и обсыпки сооружений:

а — разбивка площадки 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

Общий объем грунта, укладываемого в резерв на берме котлована, должен включать объем грунта для обратной засыпки пазух, насыпки 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 повышает сроки и стоимость строительства, следует стремиться к тому, чтобы весь грунт из выемок укладывался без остатка в насыпи, т.е. чтобы на площадке 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. 11.5, а, б), определяется по формуле

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

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. Поправка к этой отметке может быть определена по формуле

$$\Delta H_{\text{опт}} = \pm V_1 / F,$$

где V_1 – дополнительный объем грунта (принимается с плюсом, когда имеется излишек, и с минусом – при недостатке грунта), м^3 ; F – площадь планируемого участка, м^2 .

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

11.5. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

До начала производства основных работ по устройству земляных сооружений выполняют *подготовительные работы*: внеплощадочные и внутриплощадочные. К *внеплощадочным подготовительным работам* можно отнести строительство подъездных дорог, линий связи и электропередачи, выполнение вскрышных работ на участках, отведенных под карьеры и резервы, к *внутриплощадочным* – восстановление и закрепление геодезической разбивочной основы; расчистку территории строительной площадки; инженерную подготовку площади 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, санузлов 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 в ходе строительства. Последние выполняет строительная организация.

Создание *геодезической разбивочной основы* является обязанностью заказчика и предполагает устройство разбивочной сети и разбивку красных линий (контуров) строительной площадки, нанесение внешней и внутренней разбивочных (геодезических) сетей сооружения, осей линейных сооружений и нивелирных сетей.

Разбивку красных линий производят для определения границ строительной площадки. Другие элементы разбивочной основы

рекомендуется выполнять после расчистки и планировки территории строительной площадки.

Расчистка территории строительной площадки включает работы по уборке деревьев с корчевкой пней, уборке 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.

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 для траншей и ускорять сток воды с территории площадки. Для водоотвода устраивают кавальеры и отвалы, располагаемые с нагорной стороны, а также специальные оградительные обвалования, водоотводные осушительные канавы, 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.

При вертикальной планировке территории строительную разбивку закрепляют в местах срезки вешками, а в местах насыпи – сторожками.

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

11.6. РАЗБИВКА СООРУЖЕНИЙ, КОТЛОВАНОВ И ТРАНШЕЙ НА МЕСТНОСТИ

Для выноса на натуру главных разбивочных осей или для построения внешних разбивочных сетей зданий и сооружений на стройплощадке в начале 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 этой цели она производит разбивку контуров земляных сооружений и закрепление главных осей.

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 будущего котлована на расстоянии 2–3 м от бровки устанавливают *обноска*, состоящие 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.

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. В процессе отрывки уровень дна траншеи между смежными обносками контролируют с помощью *ходовой визирки*.

11.7. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДООТВОДА, ВОДООТЛИВА И ИСКУССТВЕННОГО ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Водоотвод необходим для защиты котлованов и траншей от затопления их ливневыми и тальми 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 неразмывающих 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 значителен 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. Соответственно устанавливают очередность работ как по монтажу водоотливных и водопонизительных 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 водопонизительного 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.

Начальное осушение котлованов требуется после ограждения их перемычками. При этом объем воды, подлежащий 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, применяют стационарные центробежные насосы, в том числе консольного типа К, размещаемые на перемычке, а при больших глубинах используют плавучие или передвижные насосные установки.

В процессе осушения котлована очень важно правильно выбрать скорость откачки воды, так как очень быстрое осушение может вызывать 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 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.

Открытый водоотлив предусматривает откачку притекающей воды непосредственно из котлована или траншей. Способ применим в скальных, обломочных, галечниковых и гравийных грунтах, устойчивых против фильтрационных деформаций.

При открытом водоотливе грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водосборные канавы и по ним в приемки (зумпфы), откуда ее откачивают насосами (рис. 11.6, а). Размеры приемков в плане в целях удобства их очистки принимают 1×1 или $1,5 \times 1,5$ м, а глубину – от 2 до 5 м, в зависимости от требуемой глубины погружения водоприемного рукава насоса. Минимальные размеры приемка назначают из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 10 мин. Приемки 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. 11.6, б). Число приемков зависит от расчетного притока воды к котловану и производительности насосного оборудования.

Приток воды к котловану (или дебит) рассчитывают по формулам установившегося движения грунтовых вод.

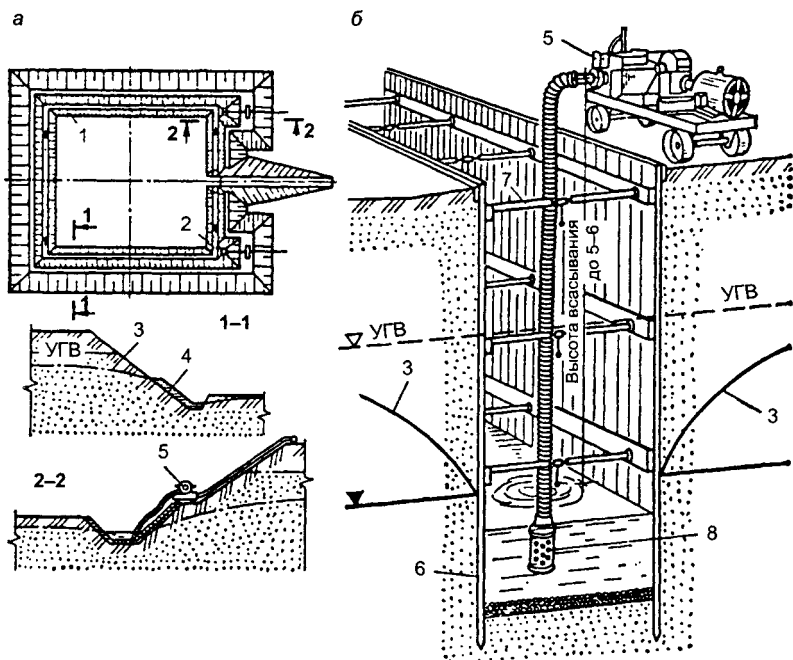


Рис. 11.6. Открытый водоотлив из котлована (а) и траншеи (б):

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)

Для совершенных котлованов (когда их дно доходит до водоупора) приток воды ($\text{м}^3/\text{сут}$) при безнапорном режиме рассчитывают по формуле Дюпюи

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

где k — коэффициент фильтрации водоносного пласта, $\text{м}/\text{сут}$; 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 η – коэффициент, зависящий от соотношения B/L (B и L – ширина и длина котлована, м).

B/L	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
η	1	1,12	1,16	1,18	1,18	1,18

Для котлованов неправильной формы

$$r_n = \sqrt{F/\eta},$$

где F – площадь реального котлована, m^2 .

Когда котлован не доходит до водоупора (несовершенные 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; супеси – 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. При глубине выемок более 7 м применяют как напорные центробежные насосы, так и специальные напорные погружные насосы типа «Гном», способных 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

$$N_{ny} = Q\phi/\Pi,$$

где Q – расчетный приток воды к котловану, $m^3/ч$; ϕ – коэффициент резерва мощности насосных установок, равный 1,5; Π – производительность насосной установки.

Системой насосных установок качают воду в водосборный коллектор и по нему отводят ее за пределы котлована. Открытый водоотлив 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, исключаяющего просачивание воды через откосы и дно котлована.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод предполагает устройство системы дренажей, трубчатых колодцев, скважин, использование иглофильтров.

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, насосами (насосными станциями) для откачки воды и отводящим трубопроводом.

Способы 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. 11.7.

Расчет водопонижительных установок, расположенных по контуру котлована, начинают с определения притока воды к котловану Q . 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, $\text{м}/\text{сут}$; 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 .

Глубина воды в колодцах, м

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	—	Электроосушение		
Суглинок	0,005–0,4	Легкие одноярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	—
Супеси	0,2–0,7			
Песок:				
мелкозернистый	1,2–2,0	Одноярусные ЛИУ	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Буровые колодцы с артезианскими погружными насосами
мелкий	2,0–10,0			
средний	10,5–25,0	Буровые скважины с центробежными насосами	—	
крупный гравелистый	25,0–75,0 50–100			
Гравий:				
с песком	75–150	Поверхностный водоотлив	Буровые скважины с погружными насосами	
чистый	100–200			

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

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. 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.

Грунтовый 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).

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 иглофильтром) насосной станцией. Для искусственного понижения УГВ на глубину 4–5 м в песчаных грунтах применяют *легкие иглофильтровые установки*. При этом для осушения траншей шириной до 4,5 м используют однорядные иглофильтровые установки (рис. 11.7, а), а при устройстве более широких траншей (например, для прокладки коллекторов) – двухрядные (рис. 11.7, б). Для осушения котлованов применяют замкнутые по контуру установки (рис. 11.7, в). При необходимости понижения уровня воды на глубину более 5 м применяют двух- и трехъярусные иглофильтровые установки (рис. 11.7, 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. 11.7, д) с обязательной их обсыпкой.

Легкие иглофильтровые установки (рис. 11.8, а) помимо иглофильтров включают также водосборный коллектор, объединяющий их в одну водопонижительную систему, центробежные насосные агрегаты и отводящий трубопровод. Иглофильтр (см. рис. 11.8, в) со-

стоит 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

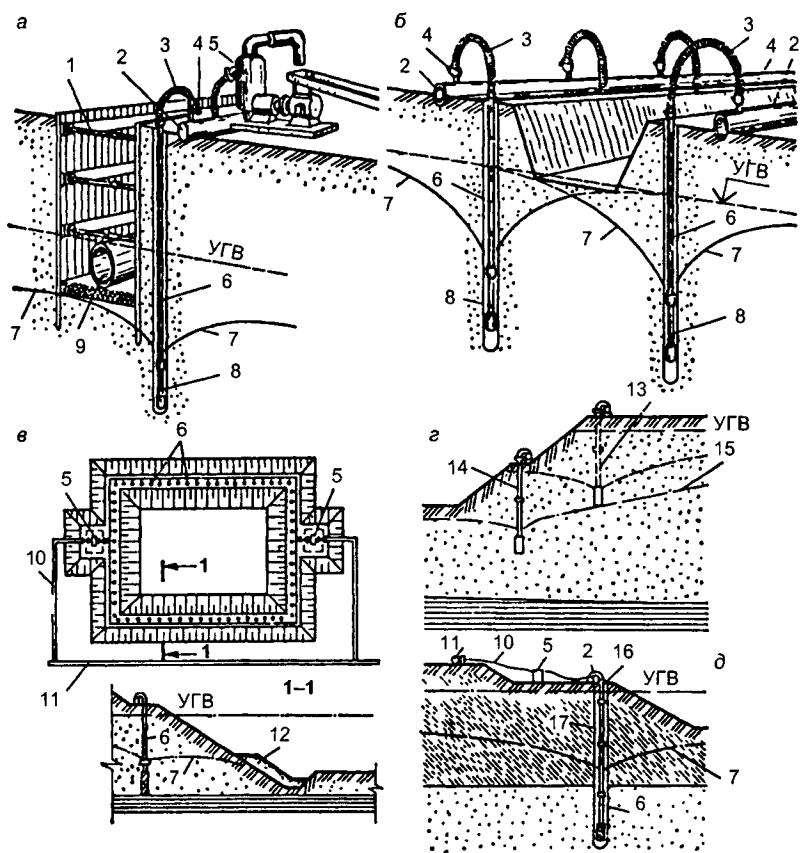


Рис. 11.7. Водопонижение легкими иглофильтровыми установками:

1 — траншея с креплениями; 2 — всасывающий коллектор; 3 — соединительные патрубki (шланги); 4 — кран 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

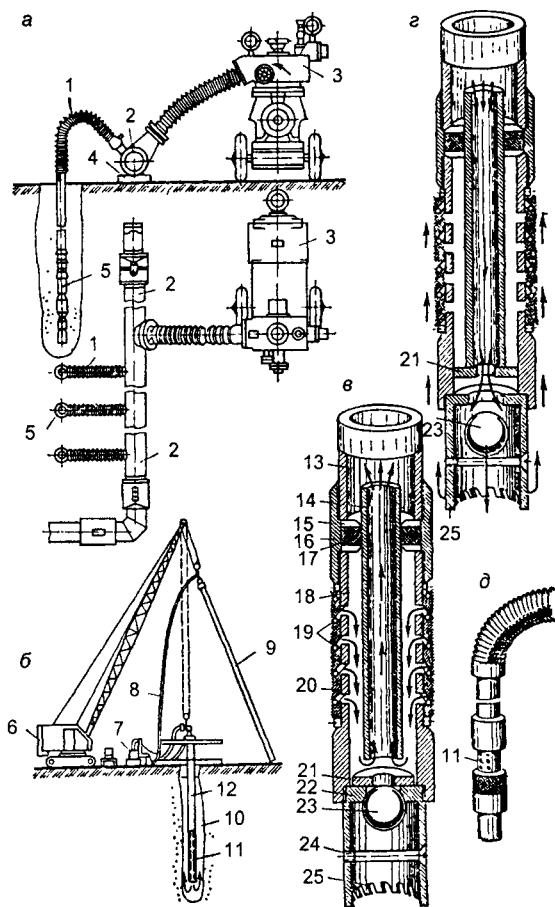


Рис. 11.8. Оборудование легких иглофильтровых установок:

а — общий вид иглофильтровой установки; б — погружение иглофильтров; 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 — проволочная обмотка; 20 — сетка; 21 — кольцевой клапан; 22 — седло клапана; 23 — шаровой клапан; 24 — ограничитель; 25 — наконечник с зубчатой коронкой

внизу присоединяют фильтровое звено, а сверху – гибкий рукав. Фильтровое звено длиной 1,25 м состоит из двух труб (рис. 11.8, в, г): внутренней сплошной диаметром 38 мм и наружной диаметром 50 мм с отверстиями. Наружная труба обернута фильтрующей и защитной сеткой и выполнена внизу в виде наконечника, внутри которого размещается кольцевой и шаровой клапаны.

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. 11.8, б), после чего включают насос. Вода, нагнетаемая по внутренней трубе иглофильтра (см. рис. 11.8, 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 линейный), глубины водопонижения, типы 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 вакуум-насосом или вихревым самовсасывающим насосом. При откачке воды шаровой клапан 23 иглофильтра (см. рис. 11.8, в) под влиянием вакуума поднимается, а кольцевой клапан 21 опускается, открывая грунтовой воде, поступающей 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 м³/ч с комплектом 60–100 иглофильтров.

Эжекторные иглофильтровые установки (рис. 11.9, 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 $k \geq 2-3$ м/сут. Установки состоят из иглофильтров с эжекторными водоподъемниками (рис. 11.9, б), распределительного трубопровода (коллектора) и центробежных насосов. Эжекторные водоподъемники, помещенные внутри иглофильтров (рис. 11.9, в), приводятся в действие струей рабочей воды, нагнетаемой в них насосом под давлением 0,6–1,0 МПа через коллектор.

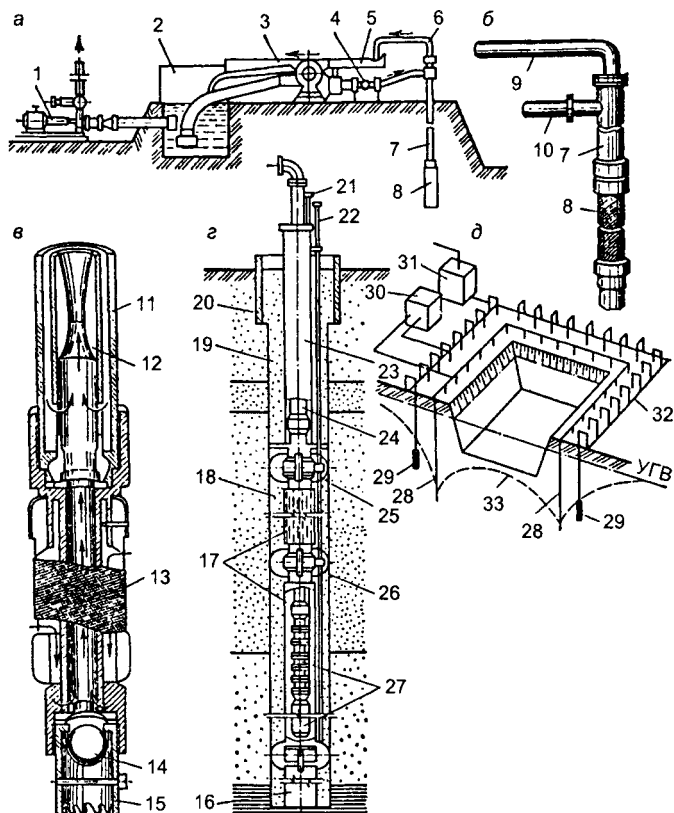


Рис. 11.9. Водопонижение эжекторными иглофильтрами, водопонижительными скважинами и электроосмотическим способом:

а — эжекторная иглофильтровая установка; б — эжекторный иглофильтр; в — его фильтровое звено; г — открытая водопонижительная скважина; д — схема электроосмотического водопонижения; 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

Рабочая вода поступает в кольцевой зазор между внутренней и наружной колонной труб иглофильтра и далее к входному окну эжектора 12, состоящего из насадки, камеры смешения, горловины и диффузора. Рабочая вода, выходя из насадки с большой скоростью, вследствие внезапного расширения струи создает разрежение и подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду, смешиваясь с ней, и подает ее вверх. Как видно из схемы эжекторной установки (см. рис. 11.9. 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. 11.9, б) состоит из надфильтровых труб диаметром 2,5 (ЭИ-2,5) или 4 дюйма (ЭИ-4), фильтрового звена (см. рис. 11.9, 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. Расстояние между иглофильтрами определяется расчетом, но в среднем оно равно 5–15 м.

Выбор оборудования иглофильтровых установок, а также типа и числа насосных агрегатов производят в зависимости от величины ожидаемого притока грунтовых вод Q и требований ограничения длины коллектора, обслуживаемого одним насосом.

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, суглинистых) грунтах, имеющих коэффициенты фильтрации менее 1 м/сут при ширине котлована до 40 м. При этом вначале по периметру котлована на расстоянии 1,5 м от его бровки и с шагом 0,75–1,5 м погружают иглофильтры-катоды соединенные с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а затем с внутренней стороны контура этих иглофильтров на расстоянии 0,8 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. 11.9, д). Причем и иглофильтры, и трубы (стержни) погружают на 3 м ниже необходимого уровня водопонижения. Рабочее напряжение системы, исходя из требований техники электробезопасности, не должно превышать 40–60 В.

При пропускании тока вода, заключенная в порах грунта, передвигается от анода к катоду, благодаря чему коэффициент фильтрации его возрастает в 5–25 раз, а уровень напора в массиве грунта снижается, что в целом значительно повышает эффективность работы иглофильтровой установки. 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 осушения больших площадей и стесненности территории. Основным конструктивным элементом скважины-колодца является фильтровая колонна (см. рис. 11.9, з), состоящая из фильтра, отстойника, надфильтровых труб, внутри которых размещен насос. Для откачки воды из скважин применяют артезианские турбинные насосы типа АТН, а также глубинные насосы погружного типа (с погружным электродвигателем).

Вакуумный способ водопонижения, при котором в зоне иглофильтра создается устойчивый вакуум, применяют для осушения мелкозернистых грунтов (пылеватых и глинистых песков, супесей, легких суглинков, илов, лёссов), имеющих малые коэффициенты фильтрации (0,01–3 м/сут). При необходимости понижения УГВ до 7 м применяют установки вакуумного водопонижения (рис. 11.10) 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 – водоводяной эжектор. Они питаются рабочей водой, поступающей от центробежного насоса.

11.8. СПОСОБЫ ИСКУССТВЕННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ

Закрепление грунтов производится 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

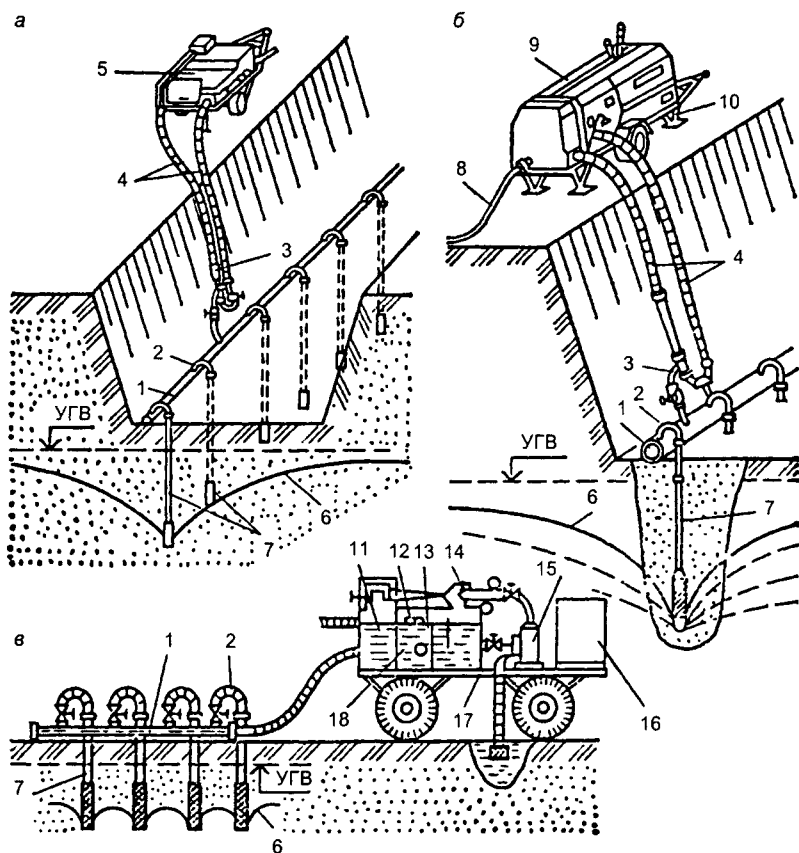


Рис. 11.10. Передвижные установки вакуумного водопонижения:

а — схема водопонижения с помощью установки ПУВВ-1М; б — то же, установки ПУВВ-ЗД; в — установка ПУВВ-4; 1 — водосборный коллектор; 2 — соединительный рукав; 3 — водоструйный насос; 4 — рукава; 5 — передвижной насосный агрегат; 6 — кривая депрессии; 7 — иглофильтры; 8 — сбросной 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 — ходовая часть; 18 — клапан

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 – глиносиликатные и бентонито-силикатные растворы. Нагнетают цементизированные и глинистые растворы под давлением до 10 МПа специальными насосами, а при давлении до 1,5 МПа – диафрагмовыми насосами.

Растворы в закрепляемые грунты нагнетают гидравлическими или пневматическими способами 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. 11.11, 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 инъекторов, 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 инъекторов водных растворов силиката натрия или смолы с отвердителем.

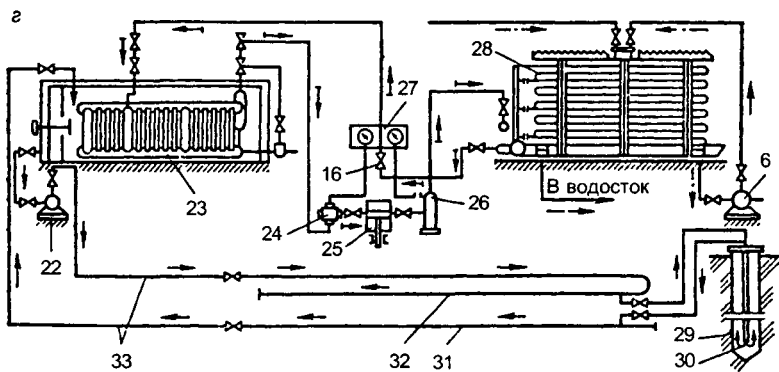
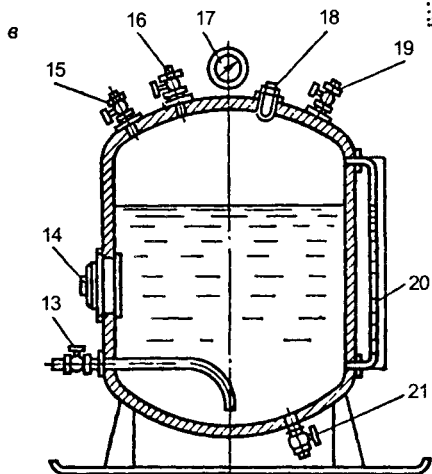
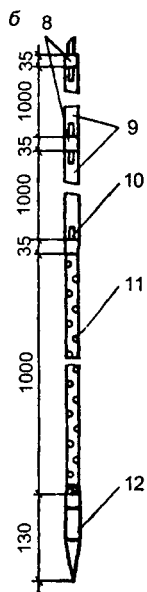
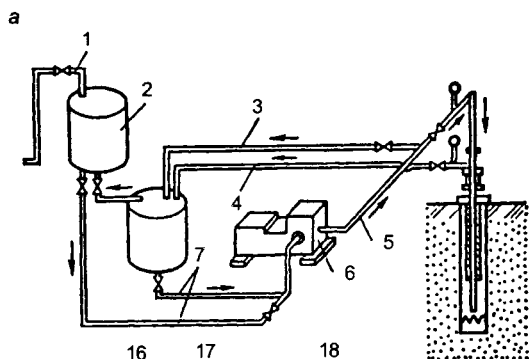
Глубина нагнетания растворов зависит от способа погружения инъекторов, характера и степени однородности грунта. При силикатизации и смолизации песчаных грунтов растворы нагнетают вначале в первый ряд инъекторов, затем во второй и т.д., а в рядах нагнетание производят через один инъектор. При двухрастворной силикатизации жидкое стекло и раствор хлористого кальция нагнетают сначала в нечетные ряды инъекторов, а затем и четные. Каждый раствор нагнетают отдельным насосом; смешение их в баках, шлангах, насосах и инъекторах не допускается. Инъекторы 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. Максимальная температура в скважине не должна превышать 900–1000°С. При образовании трещин в грунте их заделывают местным грунтом с плотным утрамбовыванием.

Искусственное замораживание грунтов заключается в создании искусственного прочного и водонепроницаемого ограждения в плане любой формы 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 виде конуса. В колонку опускают трубы меньшего диаметра (питающие) с открытым нижним концом, не достигающим 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. 11.11, з). 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 образуется массив 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 статическими и теплотехническими расчетами. Расстояние между замораживающими колонками по периметру котлована принимают при однорядном их расположении 1–1,5 м, а между рядами (при многорядном расположении) – 2–3 м.

11.9. 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.

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

Рис. 11.11. 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 бесциркулярном 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

гидромеханический способ предусматривает разработку грунта в сухом забое любой землеройной машиной или в подводном забое черпаковой машиной, вода используется для транспортирования и укладки грунта.

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 вышеперечисленных способов в зависимости от конкретных условий строительства и технико-экономического обоснования выбранного варианта.

11.10. РАЗРАБОТКА ГРУНТА ОДНОКОВШОВЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ. РАСЧЕТ ПРОХОДОК ЭКСКАВАТОРОВ С РАЗЛИЧНЫМ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Одноковшовыми экскаваторами разрабатывается около 45 % всех грунтов.

При возведении водопроводных сооружений для разработки грунтов широко используются одноковшовые экскаваторы с различным сменным оборудованием с ковшем вместимостью 0,25–3,2 м³.

При разработке широких котлованов с погрузкой грунта в транспортные средства (например, при строительстве отстойников, фильтров, резервуаров, аэротенков 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 засыпке 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. 11.12).

Разработка грунта экскаватором с прямой лопатой во многом определяется особенностями его конструкции. Экскаватор перемещается по дну выемки, копает «от себя» снизу вверх с погрузкой разрабатываемого грунта на транспортные средства. Для наиболее полного заполнения ковша высота забоя должна быть не меньше

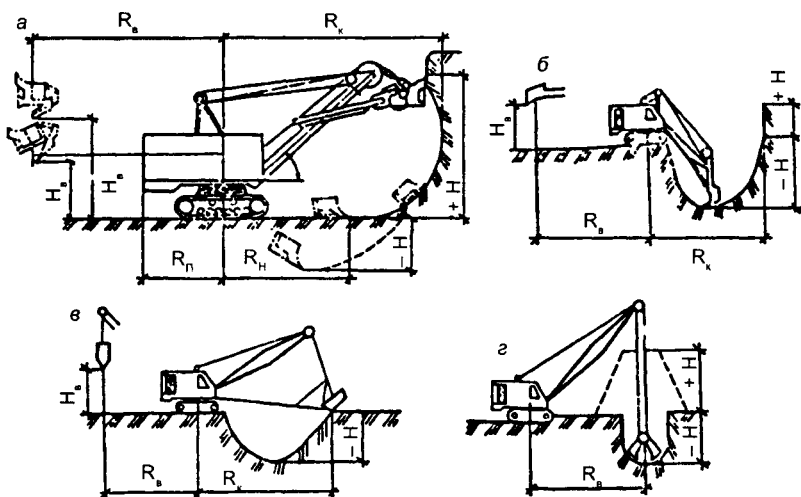


Рис. 11.12. Схемы забоев при работе экскаваторов с различным рабочим оборудованием:

а — прямая лопата; б — обратная лопата; в — драглайн; г — грейфер; $R_к$ — радиус копания или резания; $R_с$ — радиус выгрузки; $+H$ — высота копания; $-H$ — глубина копания; $H_с$ — высота выгрузки; $R_п$ — радиус платформы (базы) экскаватора; $R_н$ — радиус начала копания на уровне стоянки экскаватора

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.

Неширокие котлованы (шириной до $1,5R$) разрабатывают лобовой проходкой с односторонней погрузкой в транспортные средства (рис. 11.13, а), при ширине котлована от $1,5R$ до $1,9R$ разработку ведут лобовой проходкой с двухсторонней подачей транспортных средств

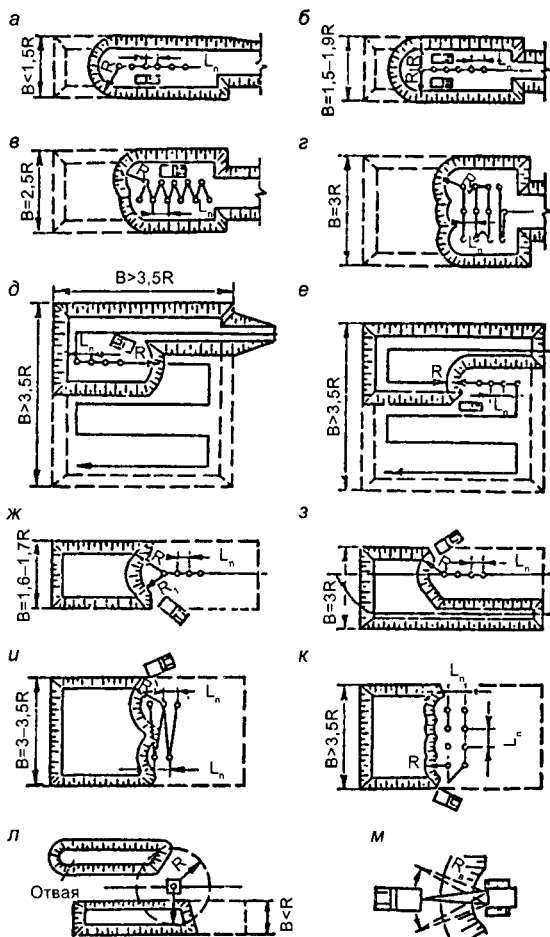


Рис. 11.13. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами при отрывке котлованов:

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; *е, 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

(рис. 11.13, 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 копания 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. 11.13, в), а до $3R$ – с передвижкой его поперек котлована (рис. 11.13, г), т. е. поперечно-торцовой проходкой. Широкие котлованы (более $3,5R$) разрабатывают вначале лобовой, затем боковыми проходками (рис. 11.13, д). Наибольшая ширина проходки при этом равна:

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

$$\text{для поперечно-торцовой} - B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + 2nR_c,$$

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

где R_c – радиус копания 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.

Разработка грунта экскаваторами с обратной лопатой осуществляется торцовыми или боковыми проходами с перемещением экскаватора по верху забоя «на себя» с копанием грунта ниже уровня его стоянки (см. рис. 11.13, 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. 11.13, ж, з, и), поперечно-торцовой (рис. 11.13, к) и боковой проходкой (рис. 11.13, л).

Разработанный грунт обычно отсыпают в отвал на бровку и частично (излишки, ненужные для обратной засыпки) на транспорт.

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. Разработка грунта производится ниже уровня стоянки экскаватора с работой его «на себя»; ковш заполняется в процессе протаскивания его по грунту (рис. 11.13, 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. 11.13, д), ширина которой составляет около $(0,7-0,8)R$, а поворот стрелы экскаватора для разгрузки – 180° .

Экскаватор с грейферным ковшом вместимостью $0,3-4 \text{ м}^3$, свободно подвешенный на тросе, могут разрабатывать выемки в радиусе $8-24 \text{ м}$ на глубине $7-15 \text{ м}$ при подъеме грейфера на высоту $6-14 \text{ м}$. Обычно они могут разрабатывать 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.

11.11. 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. Следо-

вательно, 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. Эта взаимосвязь установлена опытным путем и приведена в табл. 11.8 и 11.9.

Таблица 11.8

Наименьшая высота забоя, $H_{3,м}$, обеспечивающая наполнение ковша с верхом

Тип лопаты	Группа грунта	При вместимости ковша, м ³							
		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 11.9

Длина пути волочения ковша на откосе забоя, L_n , м обеспечивающая наполнение его с верхом

Вместимость ковша драглайна, м ³	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, можно определить наибольшую вместимость ковша. Учитывая особенность разработки грунта и наполнения ковша экскаватора с гидравлическим приводом, наименьшую высоту забоя можно принять выше на 30–40 %. В этом случае требуемую вместимость ковша экскаватора определяют по табл. 11.8, исходя из условий величины глубины разработки.

Для определения наибольшей емкости ковша экскаватора-драглайна можно воспользоваться данными табл. 11.9.

Сначала длину откоса L_n находят в зависимости от глубины выемки (H), и угла естественности откоса для конкретной группы грунта. Затем для полученного значения L_n по табл. 12.9 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.

11.12. 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.

Необходимая грузоподъемность транспортных средств определяется 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 Π_3 – эксплуатационная производительность экскаватора, $m^3/смен$; G – объем грунта, перевозимого автосамосвалом за один рейс, m^3 ; T – число часов работы экскаватора в смену; n – число рейсов в час;

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

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 автосамосвалов, км/ч; $t_n, t_{раз}$ – время погрузки и разгрузки с учетом маневровых операций, ч.

11.13. ОТРЫВКА ТРАНШЕЙ ОДНОКОВШОВЫМИ И МНОГОКОВШОВЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

Способы разработки траншей различны. Траншеи отрывают многоковшовыми экскаваторами непрерывного действия и одноковшовыми циклического действия.

Способы разработки траншей могут быть однопроходными и многопроходными (последовательными). При первом способе полный профиль траншеи разрабатывают за одну проходку механизма, а при втором – за несколько. Отвал (резерв) грунта при разработке траншеи 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 траншеи.

На практике возможны следующие четыре схемы разработки траншеи одноковшовым экскаватором с обратной лопатой: 1) движение экскаватора по оси траншеи с односторонней выгрузкой грунта (рис. 11.14, а); 2) движение экскаватора параллельно оси траншеи со смещением в сторону отвала и односторонней выгрузкой грунта (рис. 11.14, б); 3) движение экскаватора по зигзагообразной схеме параллельно оси траншеи с двухсторонней выгрузкой грунта (рис. 11.14, в); 4) движение двух экскаваторов параллельно оси траншеи с двухсторонней выгрузкой грунта (рис. 11.14, 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 $R_{в}$ и требуемого радиуса выгрузки $R_{в\text{треб}}$. Так, по первой схеме разрабатывают траншеи, если $R_{в} = R_{в\text{треб}}$, а по второй – если $R_{в} < R_{в\text{треб}}$. В первом случае ось движения экскаватора совпадает с осью траншеи (см. рис. 11.14, а), во втором она сдвинута в сторону отвала на расстояние c , равное $R_{в\text{треб}} - R_{в}$ (см. рис. 12.14, б). При этом должно подтвердиться условие равенства радиуса резания экскаватора R расстоянию от бровки траншеи со стороны, противоположной отвалу грунта, до оси движения экскаватора

$$c + b_{\text{вым}} \geq R,$$

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

Третью схему разработки грунта с зигзагообразным перемещением экскаватора применяют при отрывке широких траншей, когда

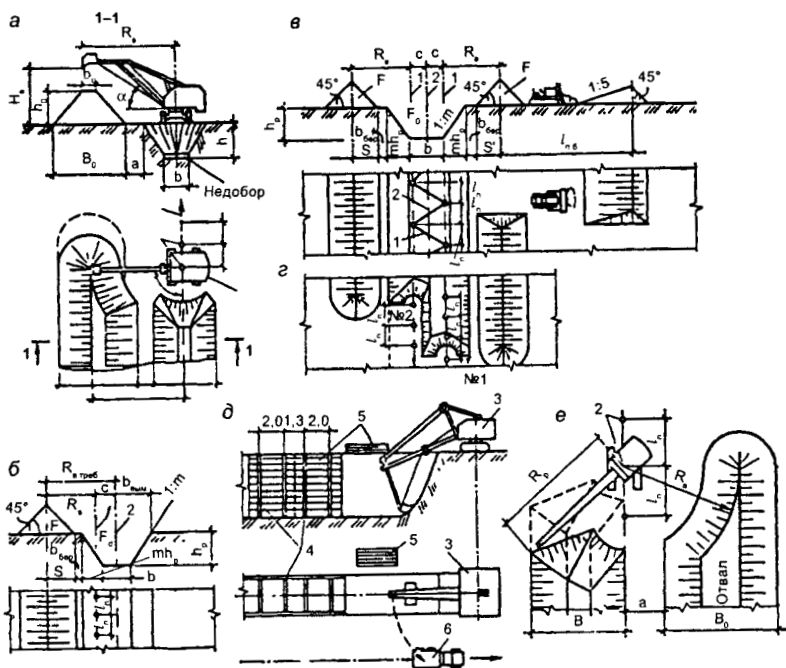


Рис. 11.14. Схемы разработки траншей одноковшовыми экскаваторами:

1 — ось движения экскаватора; 2 — ось траншеи; 3 — экскаватор; 4 — винтовые распорки; 5 — крепления; 6 — автосамосвал

$R_v \ll R_{v \text{ троб}}$ (см. рис. 11.14, в). При больших объемах земляных работ в таких условиях разработку грунта можно осуществлять двумя параллельно работающими экскаваторами по четвертой схеме (см. рис. 11.14, г). Вынутый грунт по третьей и четвертой схемам укладывают по обе стороны траншеи. Для создания на одной из бERM монтажной зоны по укладке трубопровода в комплект машин включают бульдозер, который перемещает грунт одного из отвалов в сторону от траншеи (см. рис. 11.14, в, г). При разработке траншеи боковой проходкой необходимо, чтобы соблюдалось равенство R_v и $R_{v \text{ троб}}$ (см. рис. 11.14, е) при условии, что ось перемещения экскаватора совпадает с направлением линии верхней бровки траншеи.

Траншеи в обводненной и заболоченной местности отрывают одноковшовыми экскаваторами, передвигающимися на сланях, пенах-волокушах, понтонах, а также на уширенных гусеницах. На боло-

тистых участках с толщиной торфяного слоя более 1 м при его низкой несущей способности траншею разрабатывают экскаватором,двигающимся по сланям (рис. 11.15). В процессе работы экскаватор перекидывает слани с торца забоя в сторону хвостовой части поворотной платформы и укладывает их далее по оси траншеи.

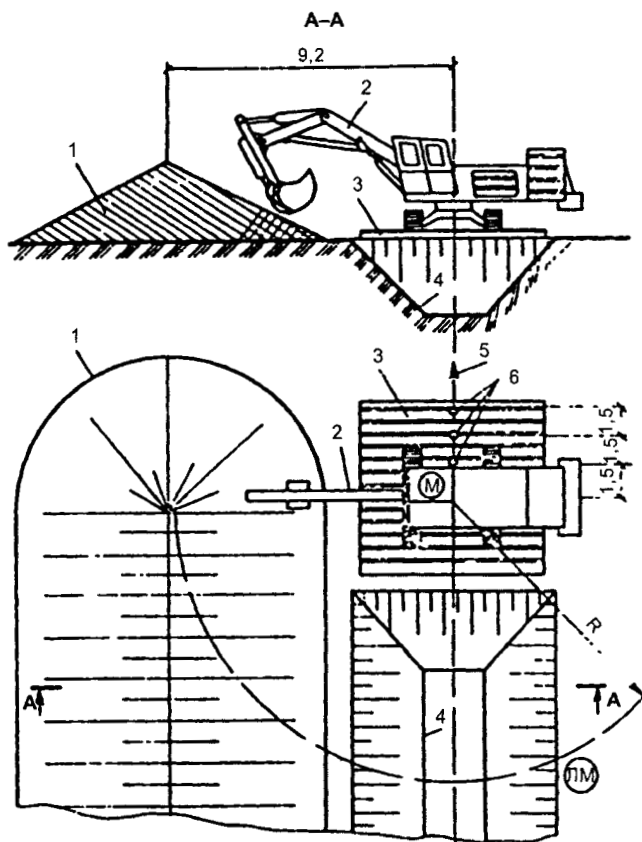


Рис. 11.15. Схемы разработки траншеи одноковшовым экскаватором в условиях обводненной и заболоченной местности на сланях:

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

Разработку траншеи можно также вести экскаватором, расположенным на салазках из металлических труб, перемещаемых бульдозером, или на пене-волокуше, представляющей собой корытообразную конструкцию из листового железа.

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

Траншеи с вертикальными стенками отрывают на глубину до 3 м с последующим креплением стенок (см. рис. 11.14, д). При разработке траншей в слабых грунтах крепления устанавливают сразу, т.е. вслед за экскаватором, а трубы опускают уже в закрепленные траншеи.

Многоковшовые траншейные экскаваторы по типу основного рабочего оборудования подразделяются на цепные и роторные. Цепные (рис. 11.16, а, в, з) целесообразно применять при разработке мягких грунтов, а роторные (рис. 11.16, б, д) – грунтов повышенной прочности, в том числе мерзлых. Экскаваторы, предназначенные для копания траншей глубиной более 2,5 м в сыпучих грунтах, оснащаются дополнительным оборудованием для образования откосов (см. рис. 11.16, а, з).

В водопроводном строительстве наибольшее распространение получили скребковые двухцепные экскаваторы (ЭТУ-354А, ЭТЦ-252 и др.), способные отрывать траншеи 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 траншеи глубиной до 2,5 м в грунтах I–IV групп, а также в мерзлых грунтах при глубине промерзания 1,1–1,5 м.

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

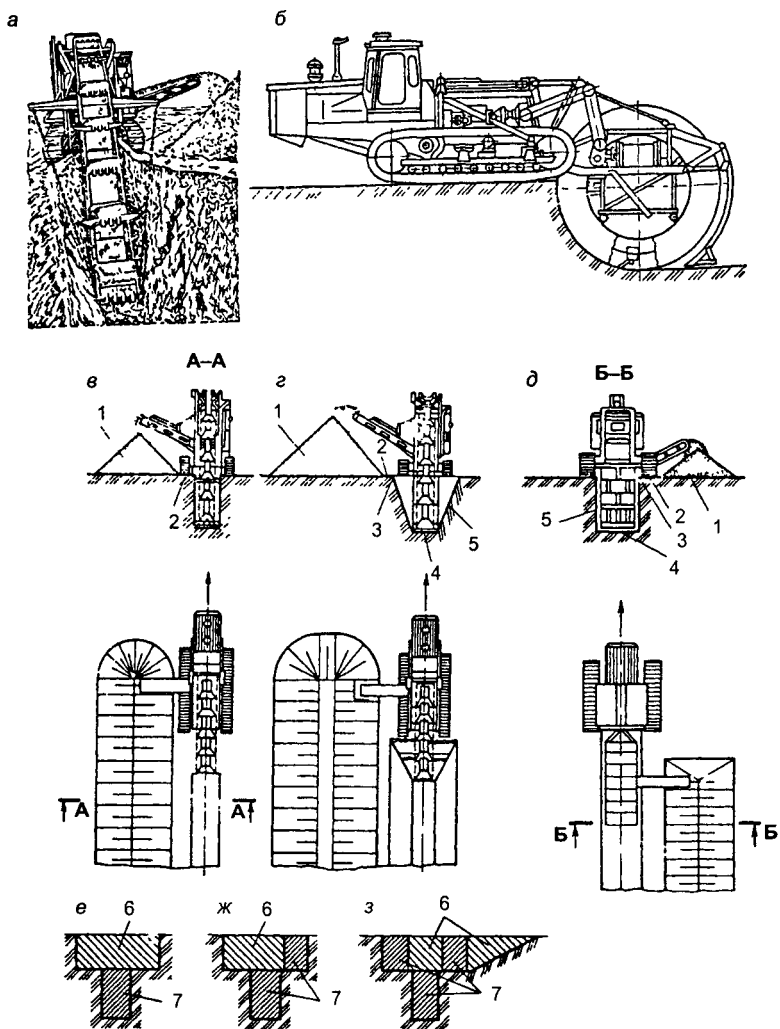


Рис. 11.16. Схемы разработки грунта при отрывке траншей многоковшовыми экскаваторами:

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 — борма траншеи; 3 — бровка; 4 — дно траншеи; 5 — стенки траншеи; 6 — части траншеи, разрабатываемые бульдозером; 7 — то же, роторным экскаватором

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 второму, а сам перемещается вперед и становится на новую захватку и т.д.

Если необходимо рыть траншеи более глубокие, чем позволяют возможности выпускаемых многоковшовых экскаваторов, то их отрывают комбинированным способом в несколько этапов. Вначале до определенной глубины делают выемку с помощью бульдозеров или скреперов, а затем с использованием многоковшовых экскаваторов (см. рис. 11.16, *е, ж, з*).

11.14. ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ И ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ СКРЕПЕРАМИ И БУЛЬДОЗЕРАМИ

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. 11.17, *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. 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, поперечно-челночное и др. (рис. 11.18).

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

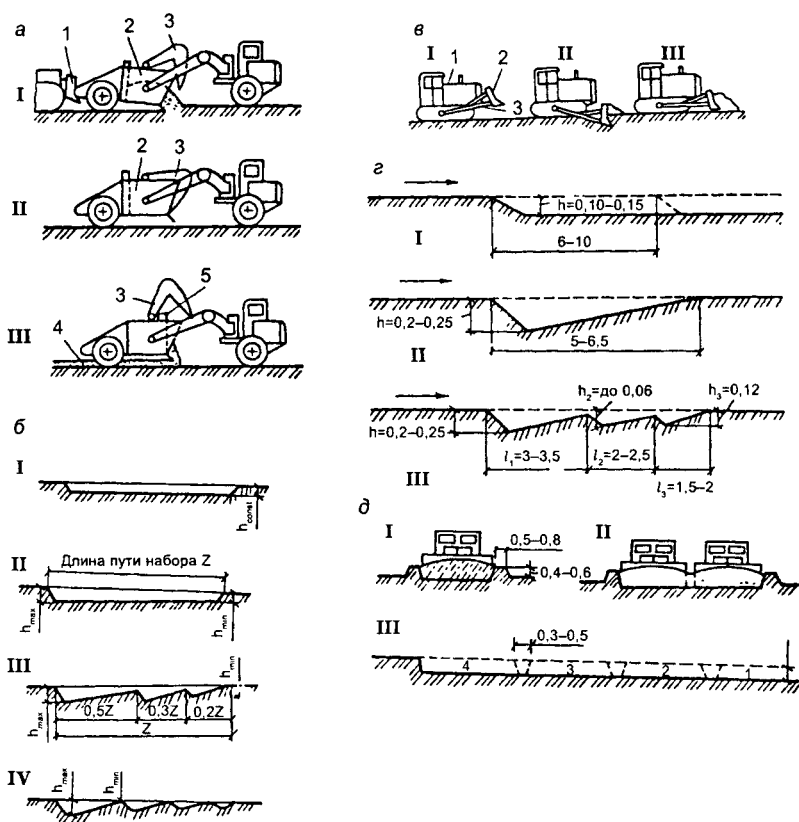


Рис. 11.17. Технологические схемы разработки грунта землеройно-транспортными машинами:

а — операции рабочего цикла скрепера; *1* — 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* — однослойный

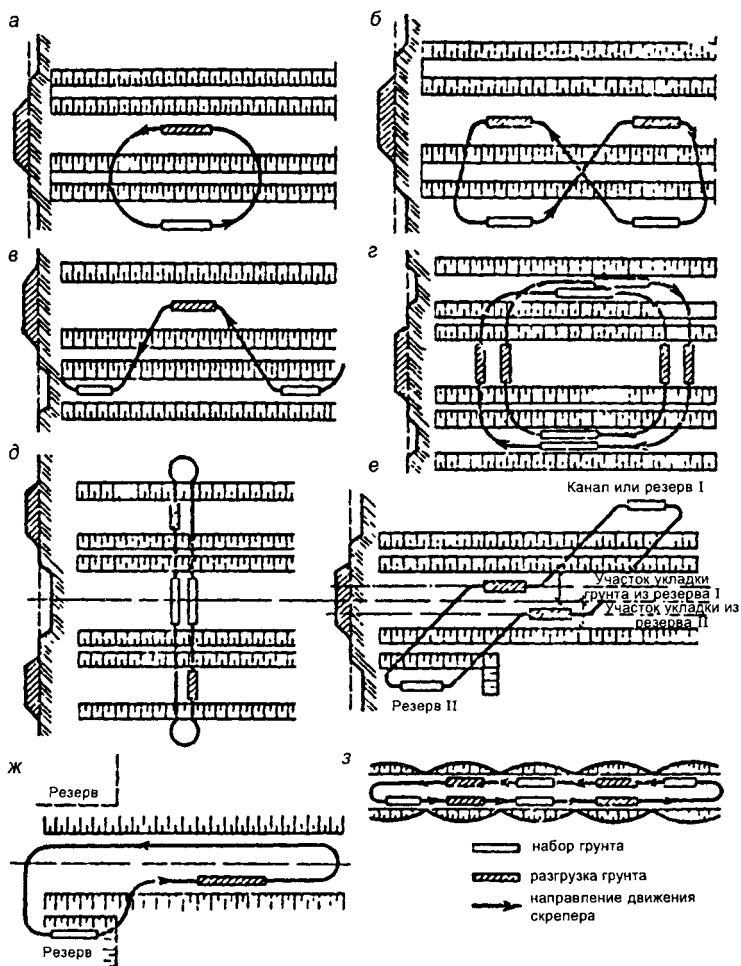


Рис. 11.18. Схемы разработки грунта скреперами:

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

лучше, чем в одиночных скреперах, используется сцепной вес (виду большого числа ведущих колес).

Разработка грунта бульдозерами. В водопроводном строительстве бульдозеры применяют для разработки котлованов небольшой глубины (до 2 м), рытья водоподводящих каналов и широких траншей, засыпки котлованов и траншей.

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 двух бульдозеров, двигающихся рядом с одинаковой скоростью на расстоянии 0,5 м один от другого (рис. 11.17, д).

Котлованы разрабатывают бульдозерами преимущественно траншейным способом по челночной схеме (рис. 11.19, а). Срезают и перемещают грунт вдоль оси котлована, начиная с середины в оба конца. На работах по вертикальной планировке со срезкой грунта на высоких отметках площадки и отсыпкой в пониженных участках (рис. 11.19, б) грунт разрабатывают бульдозерами

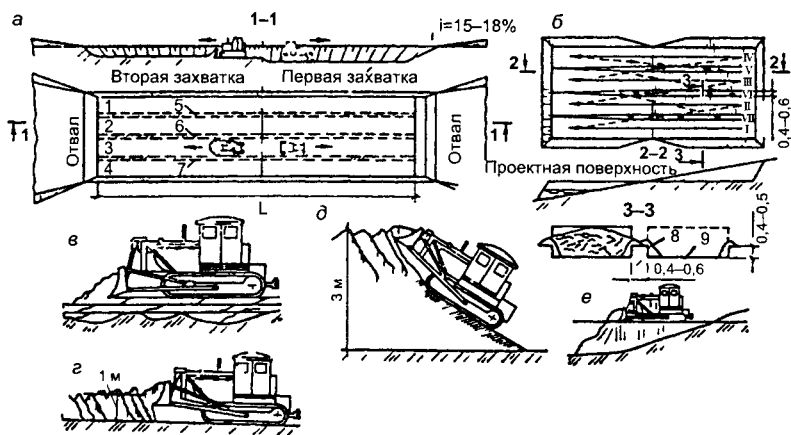


Рис. 11.19. Способы и схемы разработки грунта бульдозерами:

а — при разработке котлована; б — то же, при планировке площадки; в — послойная отсыпка грунта бульдозером; г, д — грудами, без послойного 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

последовательно, двигаясь каждый раз по одному и тому же следу. На рис. 11.19, *в* приведена схема послойной отсыпки грунта бульдозером, на рис. 11.19, *г, д* – грудами без послойного уплотнения, на рис. 11.19, *е* – с головы.

11.15. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ И НАМЫВА ГРУНТА

Различают два основных способа гидромеханической разработки грунта: 1) гидромониторный, при котором грунт в открытом забое разрабатывается мощной узконаправленной струей воды, выбрасываемой под большим давлением из насадки специальной гидравлической установки – гидромонитора (рис. 11.20, *а*); 2) землесосный, при котором разработка грунта на дне реки или водоема производится землесосными снарядами (см. рис. 11.20, *ж*).

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 м³ песчаных грунтов составляет 3,5–9 м³ при рабочем давлении 0,25 МПа, а для глинистых – 5–14 м³ 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. 11.20, *б, в*) и попутным забоем – «сверху вниз» (рис. 11.20, *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 лёссовых грунтов – $L \geq 1,2H$ (H – высота забоя). При благоприятном рельефе участка размываемый гидромонитором грунт в виде пульпы отводится по лоткам или трубопроводу самотеком, а при неблагоприятном рельефе пульпу перекачивают грунтовым насосом (рис. 11.20, *б*).

Разработка грунта землесосными снарядами осуществляется засасыванием грунта со дна или подводных откосов водоема.

Земснаряд (рис. 11.20, *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, ковшовые и др.). В подводных

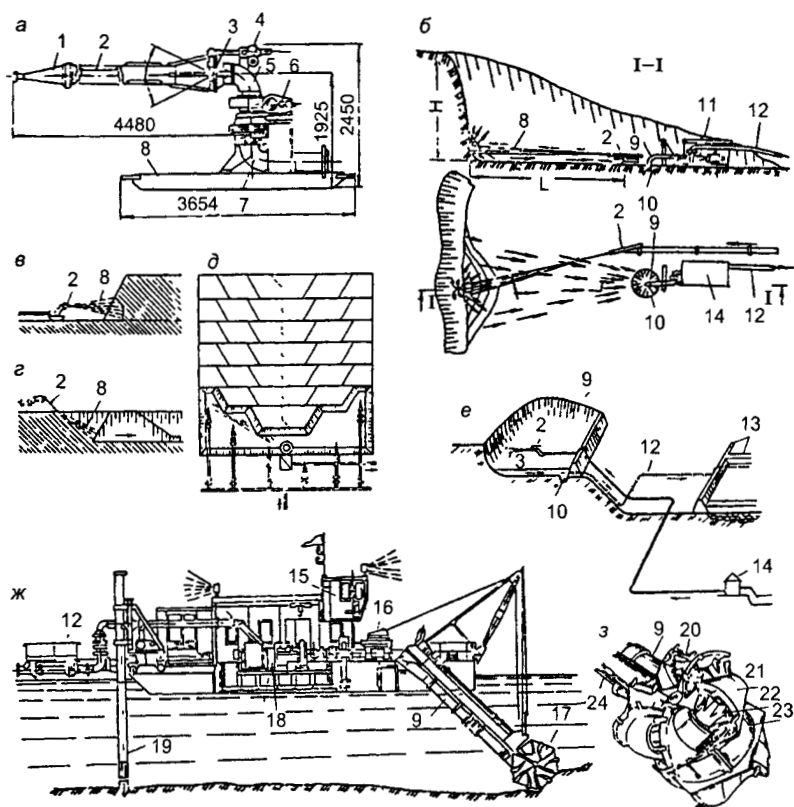


Рис. 11.20. Разработка грунта гидромониторами и земснарядами:

а — гидромонитор; б, в — разработка грунта гидромонитором встречным забоем; г — то же, полутным; д — расположение гидромониторов; е — общая организация гидромониторной разработки грунта; ж — разработка грунта под водой земснарядом; 3 — 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 — бункер; 24 — вал рыхлителя

забоях грунт начинают разрабатывать земснарядами с погружением грунтозаборного всасывающего устройства с наконечником (или рыхлителем) (рис. 11.20, 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, м³/ч, второе – развиваемому насосом напору, м (300–40; 500–60; 1000–80).

Ширина прорези В, разрабатываемой земснарядом,

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

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

Намыв насыпей производится при устройстве водохранилищных плотин и дамб (например, для шлаконакопителей), а также при заполнении грунтом пазух сооружений, подготовке и планировке площадок. Намыв осуществляется 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 колодцев 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. Причем 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 перекладки труб зависят от способа намыва. На практике применяют три основных способа – эстакадный, низкоопорный и безэстакадный. Намыв насыпей бес-

печивает значительную плотность грунта, что в большинстве случаев не требует проведения работ по искусственному его уплотнению.

Эстакадный способ намыва (рис. 11.21, 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 регулируемыми 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 переключают распределительный трубопровод, и начинают намыв следующего яруса.

Безэстакадный способ (рис. 11.21, 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. 11.21, 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.

11.16. 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.

Основным средством взрывания служат взрывчатые вещества, которые подразделяются на инициирующие, бризантные и метательные.

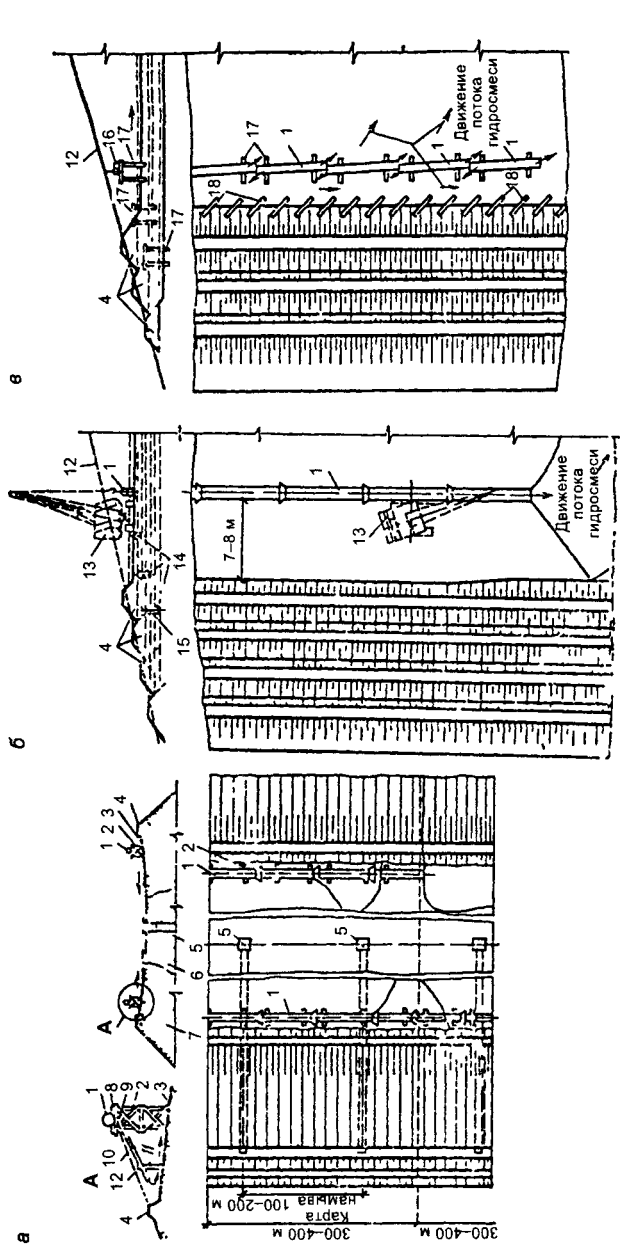


Рис. 11.21. Способы намыва насыпей:

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

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 капсюлей-детонаторов, капсюлей-воспламенителей, а также детонирующего шнура. К бризантным ВВ относятся динамит, аммониты, тротил и др. Они отличаются высокой скоростью взрывчатого разложения, но сравнительно мало чувствительно к ударам, т.е. более безопасны в работе и поэтому шире применяются 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 неодновременного взрывания нескольких зарядов. Для взрывания этим способом необходимы капсюли-детонаторы, огнепроводный и детонирующий шнуры, воспламенительный (тлеющий) фитиль, механические или терочные воспламенители, спички. Капсюли-детонаторы взрываются от пучка искр огнепроводного шнура, от пламени электровоспламенителя или от взрыва детонирующего шнура. Огнепроводный шнур (ОШ) предназначен для воспламенения капсюлей-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.

Заряды по своему месторасположению подразделяются 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. 11.22, а) и заряды рыхления и выброса

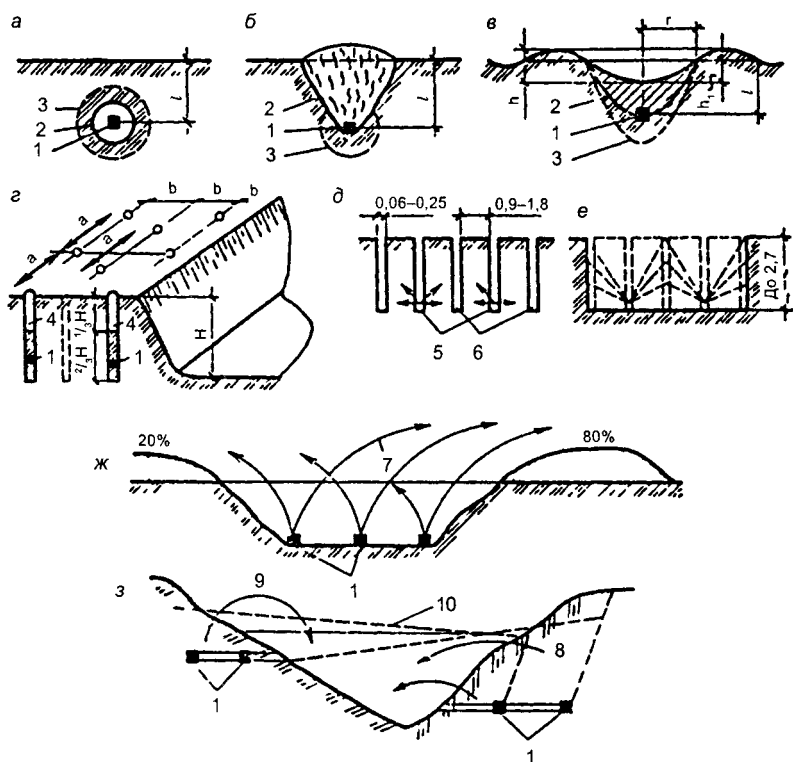


Рис. 11.22. Схема разработки грунтов взрывным способом:

1 — заряд ВВ; 2 — граница зоны полного разрушения; 3 — зона деформации грунта; 4 — забойка шлура; 5 — зарядная щель; 6 — компенсирующая щель; 7 — направление перемещения взорванного грунта; 8, 9 — массивы грунта правого и левого склонов, предназначенные к взрыву; 10 — проектный профиль насыпи

(рис. 11.22, 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 образуются конусообразное углубление (воронка), а грунт после взрыва частично выбрасывается наружу, а частично падает снова в воронку (рис. 11.21, в). Основными параметрами воронки является: 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 $n = r/l$, называемым показателем действия взрыва. Выбор вида и величины заряда зависит от целей взрывания. Масса сосредоточенного заряда для образования нормального выброса (горна)

$$Q = qr^3.$$

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

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

где q – удельный расход ВВ, кг/м³, взрывающей породы; r , h , n – рассмотрены выше.

Методы взрывания на рыхление. Такой вид взрывания (см. рис. 11.22, 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 взрываемых в шпурах (рис. 11.22, в). При этом заряд ВВ не должен занимать более $\frac{2}{3}$ их длины.

Разновидностью этого метода является метод скважинных зарядов, при котором они размещаются в скважинах глубиной до 30 м. Метод котловых зарядов используют при взрывании крепких пород, когда требуются заряды ВВ большой величины, не всегда помещающиеся в шпурах или скважинах. Для рыхления мерзлых грунтов часто используют метод шелевых зарядов (рис. 11.22, д), при котором можно получить проектный контур выемки (например, траншеи) без зачистки стенок и основания (рис. 11.22, е). Шелевые заряды можно применять для рыхления грунтов и на больших площадях.

Взрывание на выброс (рис. 11.22, 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. 11.22, ж), насыпей (рис. 11.22, з), плотин, дамб широко применяют направленный выброс грунта с помощью соответствующим образом рассчитанных и устроенных направленных взрывов.

11.17. 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 разработке 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.

Приямки для труб диаметром более 300 мм допускается отрывать за 1–2 дня 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 благодаря специалистам, создана специальная машина МВ-15 (рис. 11.23, 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 трубопроводов 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. 11.23, б) к бульдозеру.

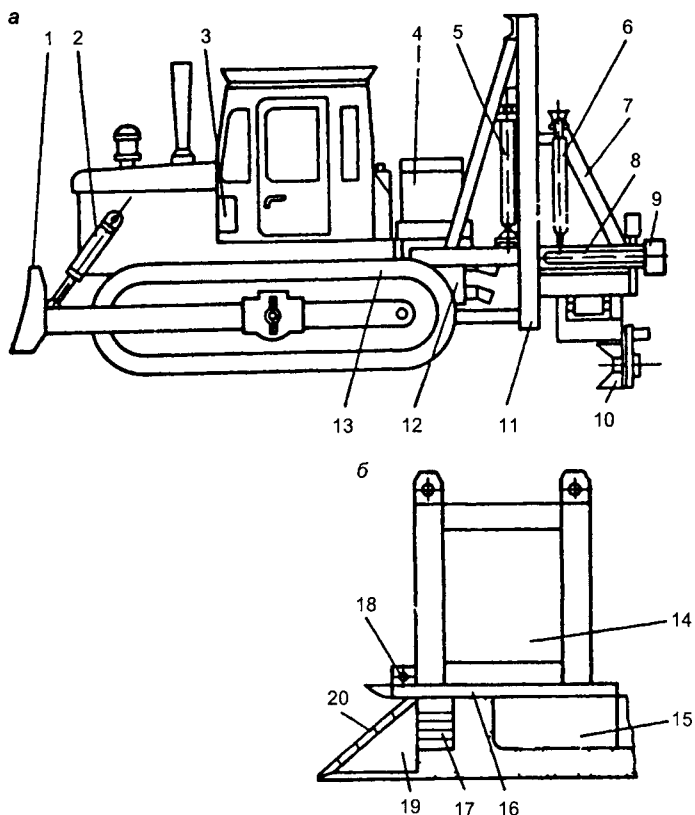


Рис. 11.23. Средства механизированной разработки малых объемов грунтов:

а — машина МВ-15 для планировки дна траншеи, нарезки ложа, отрывки прямых и стыковки труб; б — устройство УПО для подготовки оснований под трубопровод; 1 — отвал; 2 — гидроцилиндр отвалов; 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

11.18. ЗАСЫПКА ТРАНШЕЙ И КОТЛОВАНОВ. ОБСЫПКА РЕЗЕРВУАРОВ, ОТСТОЙНИКОВ И ДРУГИХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Поскольку большинство водопроводных и канализационных сооружений устраиваются заглубленного и полуглубленного типа, после их возведения выполняются 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 грунтов в котлованах со сложными фундаментами и подземными конструкциями при возведении, например, насосных станций, когда внутри их образуются замкнутые полости, тупики 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 МБ-4. Уплотняют грунт электротрамбовками или подвесной вибротрамбовкой. Для этой цели могут быть также использованы свайные вибропогружатели, установленные на металлический поддон. В замкнутых полостях уплотнять грунт более удобно 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 котором доступ рабочего невозможен. Засыпку наружных пазух, образуемых подземными конструкциями и крутыми откосами котлована, выполняют бульдозерами (рис. 11.24, а). Разравнивают грунт слоями заданной толщины в нижней части пазухи микробульдозером, который подают в пазухи 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.

Засыпка въездных траншей, а также прямков и пазух котлованов (после устройства сооружений, их гидравлического испытания и наружной гидроизоляции) чаще всего производится бульдозерами с

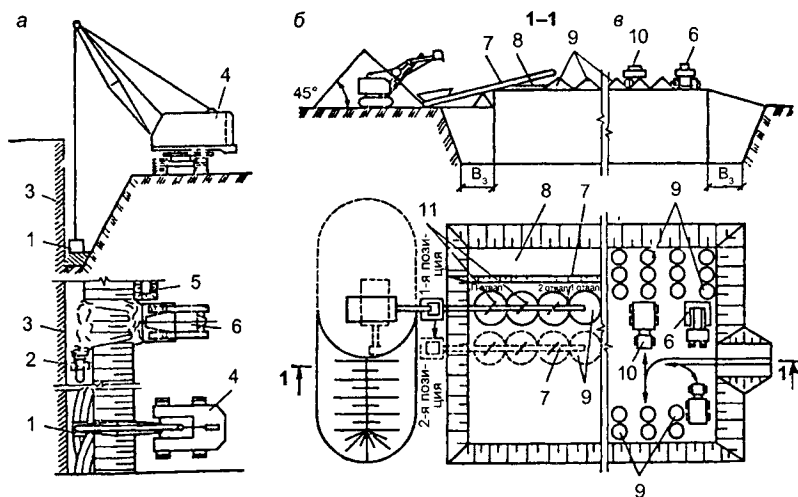


Рис. 11.24. Засыпка пазух котлованов и устройство насыпей на покрытиях сооружений:

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 — скрепки для сбрасывания грунта с конвейера

уплотнением обычными грунтоуплотняющими машинами (катками, трамбующими плитами, виброкатками).

Засыпка закрытых сооружений, имеющих покрытия (резервуаров, горизонтальных отстойников и т.п.) в зависимости от несущей способности и формы покрытия, производится 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 обслуживаемой площадки – до 20 м, считая от оси вращения машин. Грунт отсыпают, постепенно меняя позицию грунтоукладчика или длину вылета конвейера и распределяют по поверхности равномерно (рис. 11.24, 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.

Засыпка траншеи с проложенным коллектором в большинстве случаев производится бульдозером (рис. 11.25, а) по челночной схеме или по поперечно-челночной (при засыпке больших по протяженности и глубоких 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. 11.25, 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. 11.25, 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. 11.25, г). Подача грунта для засыпки коллекторов может также осуществляться

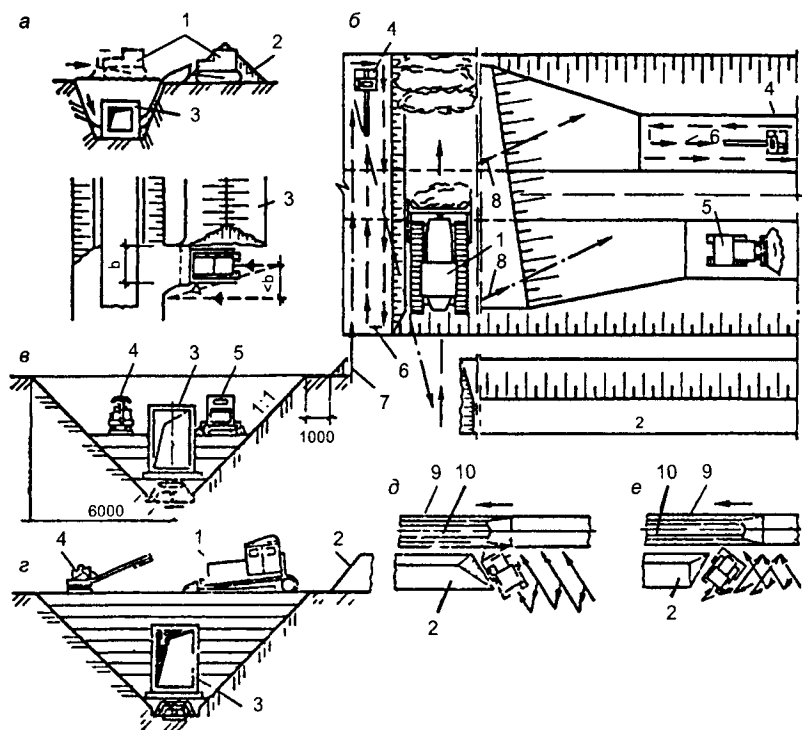


Рис. 11.25. Засыпка траншей коллекторов и трубопроводов:

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 косопоперечной 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

экскаваторами, а разравнивание и уплотнение — так же, как и в первом случае.

Обратную засыпку траншеи следует вести сразу же после укладки труб, что позволит избежать обрушения стенок траншеи, заливания труб в результате атмосферных осадков, а также пересушивания или переувлажнения грунта в отвалах. Засыпку грунта в траншеи с трубопроводами рекомендуется выполнять бульдозерами (рис. 11.25, 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. 11.26) используют как в обычных трассовых условиях, так и на заболоченных участках.

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. 11.26).

Для непрерывной засыпки траншей размельченным грунтом применяют траншеезасыпатели шнекового и роторного типов. **Шнековые траншеезасыпатели** обеспечивают засыпку траншей разрыхленным грунтом, не требуется расширения строительной полосы, создаются более удобные условия для работы машиниста.

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.

На талом грунте производительность траншеезасыпателя, достигает 1200 м³/ч. Но траншеезасыпатели нельзя использовать при засыпке железобетонных трубопроводов, поскольку до проведения предварительных испытаний стыки труб не должны быть засыпаны, а последующая засыпка после испытаний выполняется послойно с уплотнением, что не может быть обеспечено этими машинами. Поэтому необходимо применять специализированное сменное оборудование к серийно выпускаемым одноковшовым экскаваторам и тракторам.

Наиболее отвечает требованиям обратной засыпки и уплотнения грунта **вибротрамбующее оборудование для одноковшового гидрофицированного экскаватора и трубоукладчика**.

В первом случае оборудование навешивается взамен ковша на стрелу одноковшового гидрофицированного экскаватора типа ЭО-4121 (рис. 11.27, а). Рабочий орган включает ударную часть, состоящую из прямоугольной плиты массой 750 кг, трубчатых штанг и центробежного вибровозбудителя, которая резинометаллическими амортизаторами соединяется с рамкой вибротрамбовки. Горизонтальный пояс из амортизаторов играет роль упругого элемента, а вертикальный – направляющего устройства подвески. Глубина уплотняемого слоя в

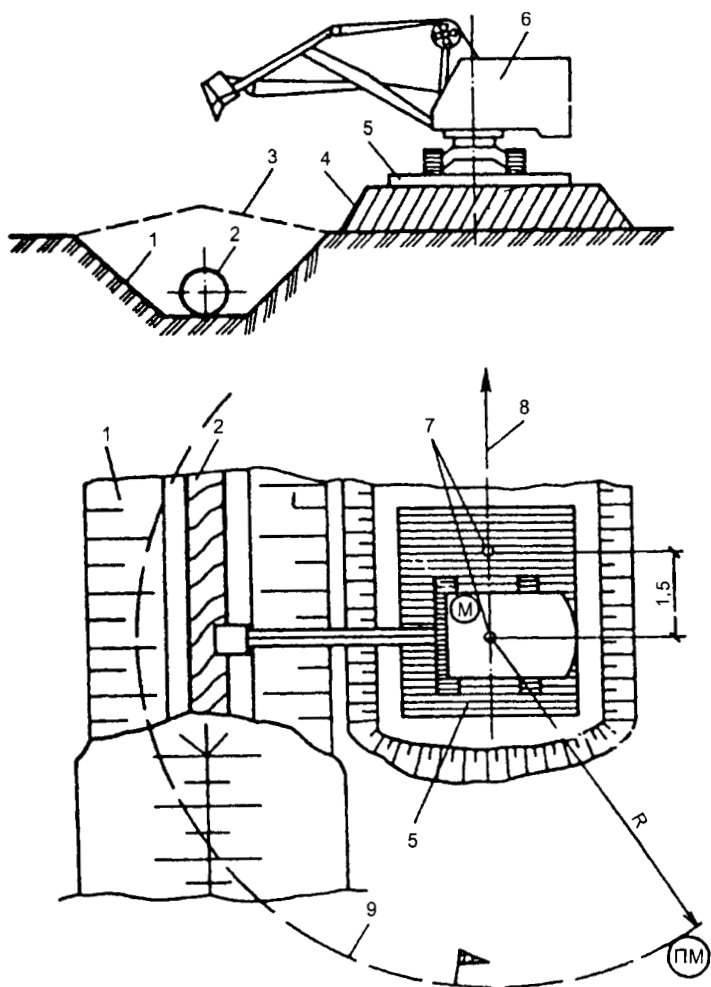


Рис. 11.26. Засыпка траншеи с уложенным трубопроводом одноковшовым экскаватором:

1 — траншея; 2 — изолированный трубопровод; 3 — контур засыпки траншеи; 4 — спланированный отвал грунта; 5 — перекидные слани; 6 — экскаватор; 7 — стоянки экскаватора в процессе работы; 8 — направление и ось движения экскаватора; 9 — граница опасной зоны; М — машинист экскаватора; ПМ — помощник машиниста; R — радиус опасной зоны

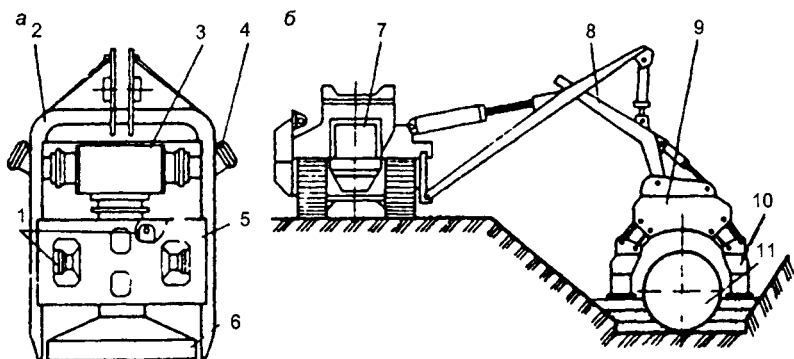


Рис. 11.27. Вибротрамбующее оборудование к одноковшовому экскаватору (а) и крану-трубоукладчику (б), используемое для уплотнения грунта обратной засыпки трубопровода:

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

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. 11.27, 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.

Технологическая последовательность процесса обратной засыпки и уплотнения грунта с использованием вибротрамбовочного оборудования показана на рис. 11.28.

Первоначально отсыпают, разравнивают и уплотняют слой грунта у первой трубы (рис. 11.28, 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 начинается с этой же позиции в обратном порядке (рис. 11.28, б) с переходом на другую сторону

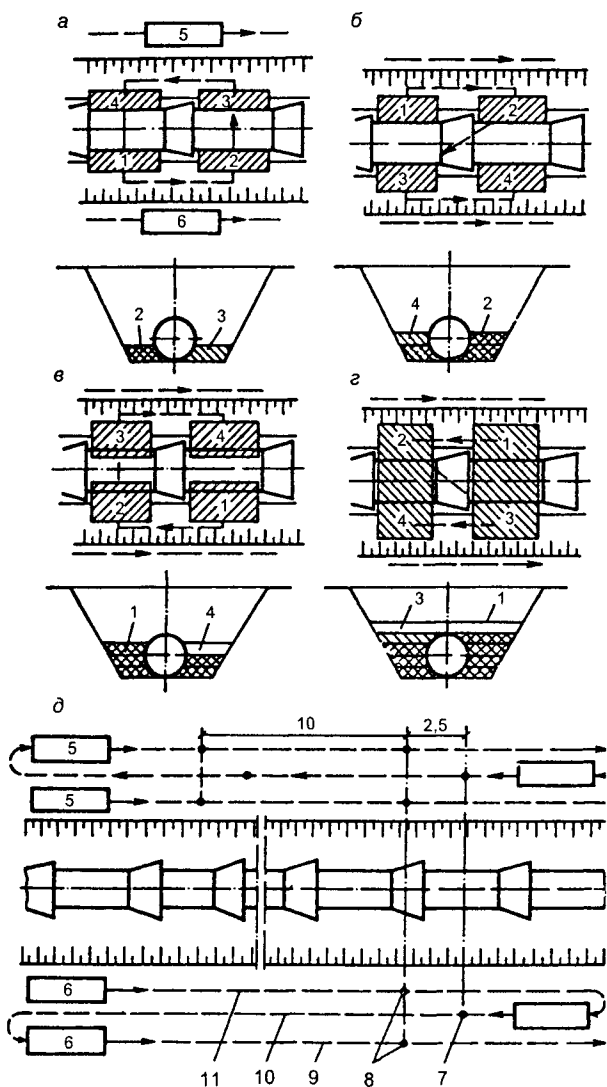


Рис. 11.28. Схемы уплотнения грунта обратной засыпки железобетонного трубопровода большого диаметра (а–г) и последовательность этих работ (д): 1–4 — последовательность уплотнения отсыпаемых слоев грунта; 5 — экскаватор с грейфером; 6 — то же, с трамбовкой; 7, 8 — места стоянки машин при уплотнении грунта; 9, 10, 11 — проходы машин

трубопровода от второй трубы к первой. Затем производится отсыпка, разравнивание третьего слоя (рис. 11.28, в) с позиции, где было закончено уплотнение второго слоя. Переход при этом с одной стороны трубопровода на другую осуществляется на первой трубе (рис. 11.28, з).

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

До проведения гидравлических испытаний грунт уплотняют на высоту 0,5D, оставляя при этом прямки нетронутыми. Для трубопроводов диаметром до 2000 мм в зависимости от категории грунта это соответствует трем-четырем слоям уплотнения. После испытаний и устранения возможных нарушений производится засыпка с уплотнением грунта до высоты, превышающей на 0,2 м наружный диаметр трубопровода. Первоначально забивают прямки до высоты предыдущей засыпки. Засыпка двух смежных прямков по обеим сторонам трубопровода осуществляется в такой же последовательности для каждой позиции уплотняемого слоя и соответственно последующих слоев грунта, как показано на рис. 11.28, д, при уплотнении пазух основной части трубопровода.

При использовании для уплотнения обратной засыпки трубоукладчика с траверсой и двумя трамбовками (см. рис. 11.27, б) наиболее рациональна следующая последовательность работ. Отсыпают и разравнивают слой грунта по обе стороны трубопровода (прямки 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 осуществляется с конца предыдущего уплотненного слоя.

После проведения предварительных испытаний прямки засыпают и уплотняют в той же последовательности.

Засыпка траншей с вертикальными стенками существенно затрудняется необходимостью 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.

11.19. 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 отсыпаемого 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. 11.29, 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. Для отсыпки насыпи из боковых

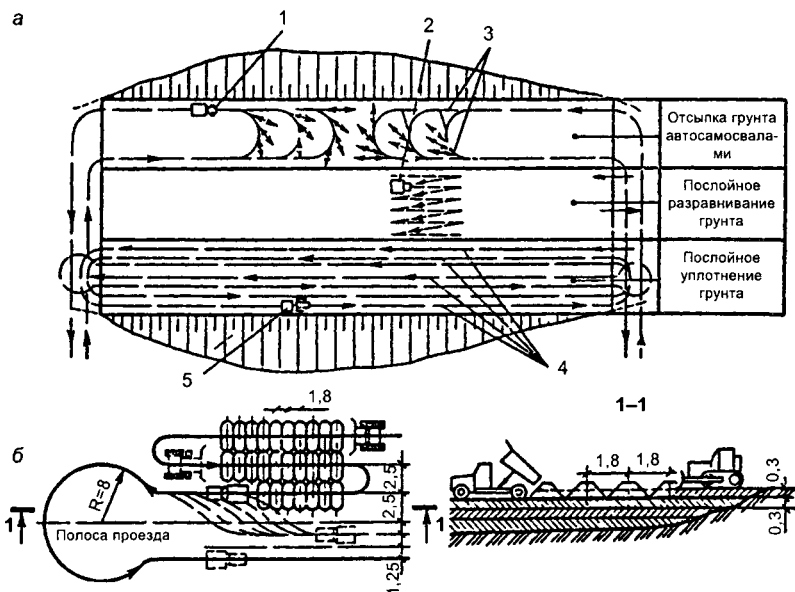


Рис. 11.29. Технологические схемы устройства планировочных насыпей:

1 — автосамосвал; 2 — бульдозер; 3 — направление движения самосвалов; 4 — последовательность движения катка; 5 — каток

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 50–10 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 м³ 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. 11.29, 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 машинами она будет уплотнена настолько, что ее осадка будет незначительна. К отсыпке следующего слоя можно переходить только после разравнивания и уплотнения нижележащего слоя грунта до требуемой плотности. С наименьшими затратами этого можно достигнуть при оптимальной влажности грунта.

Критерием уплотнения приняты требуемая плотность грунта, выраженная объемной массой скелета грунта, или коэффициент стандартного уплотнения (K_y), 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.

Оптимальную влажность практически можно получить увлажнением сухих или подсушиванием излишне влажных грунтов.

Механические методы уплотнения в зависимости от характера воздействия рабочих органов на грунт и конструктивного решения средств механизации делятся в основном на следующие виды: укатка, вибрирование, трамбование и комбинированный метод.

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 опытном 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. 11.30, 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 затруднительно.

Виброплиты также используются для уплотнения несвязанных и малосвязанных грунтов. По конструкции они состоят из уплотняющей плиты с вибровозбудителем и подмоторной рамы с двигателем, на которой закреплена рукоять управления или крановая подвеска. Самопередвигающиеся легкие и тяжелые виброплиты типа Д и S_{вр} используются 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. 11.30, 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 ВУТ (масса 0,1–0,35 т, размер плиты от 0,4×0,4 до 0,6×0,8) целесообразно для уплотнения связных грунтов при толщине уплотняемого слоя до 0,3 м в труднодоступных местах (рис. 11.30, в). Подвесной вибротрамбовкой типа ПВТ (масса 2,6 т размер плиты 0,8×0,8 м) уплотняют грунты: связные – при

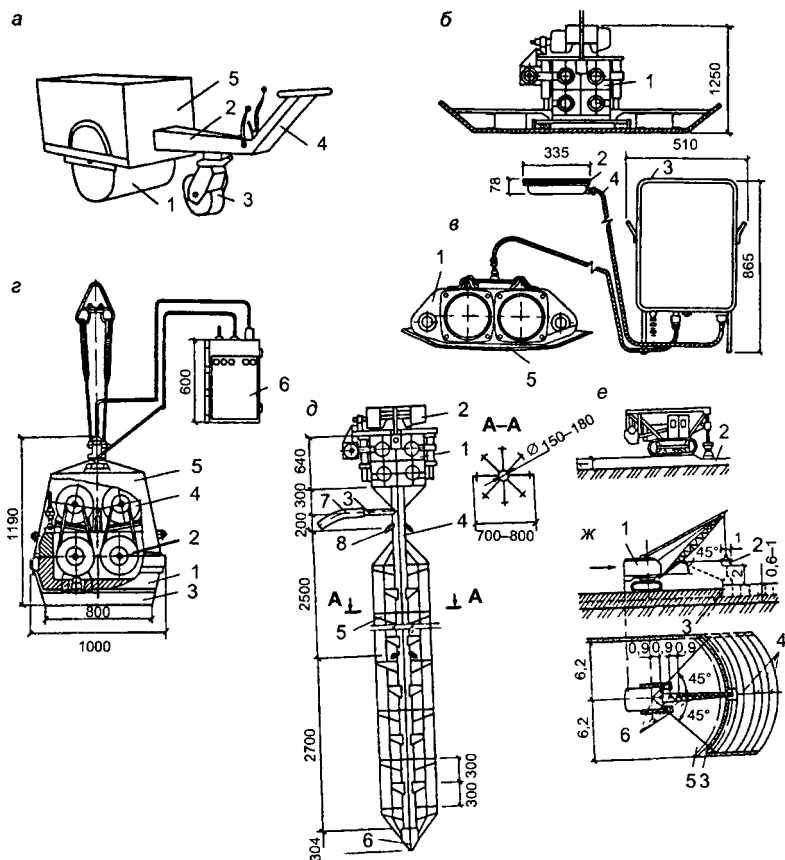


Рис. 11.30. Средства для уплотнения грунтов:

а — одновальцовый малогабаритный виброкаток: 1 — валец; 2 — рама; 3 — опорный валик; 4 — дышло; 5 — двигатель внутреннего сгорания; б — подвесная виброплита: 1 — вибропогружатель ВПП-2; в — самопередвигающаяся трамбовка ВУТ-3: 1 — вибровозбудитель; 2 — пусковое устройство; 3 — пульт дистанционного управления; 4 — кабель; 5 — трамбующая плита; г — подвесная вибро Трамбовка ПВТ-3: 1 — корпус; 2 — вал эксцентриковый; 3 — плита трамбующая; 4 — электродвигатель; 5 — кожух; 6 — пульт управления; д — глубинная виброударная установка ВУПП: 1 — вибропогружатель ВПП-2; 2 — электродвигатель; 3 — патрубок; 4 — створ; 5 — ребро; 6 — наконечник ствола; 7 — резиновый шланг; 8 — патрубок; е — уплотнение грунтоотрамбовочной машины ДУ-12Б: 1 и 2 — толщины соответственно уплотняемого и уплотненного слоев; ж — уплотнение грунта навесной трамбующей плитой: 1 — экскаватор с навесной трамбующей плитой; 2 — трамбующая плита; 3 — полосы перекрытия; 4 —

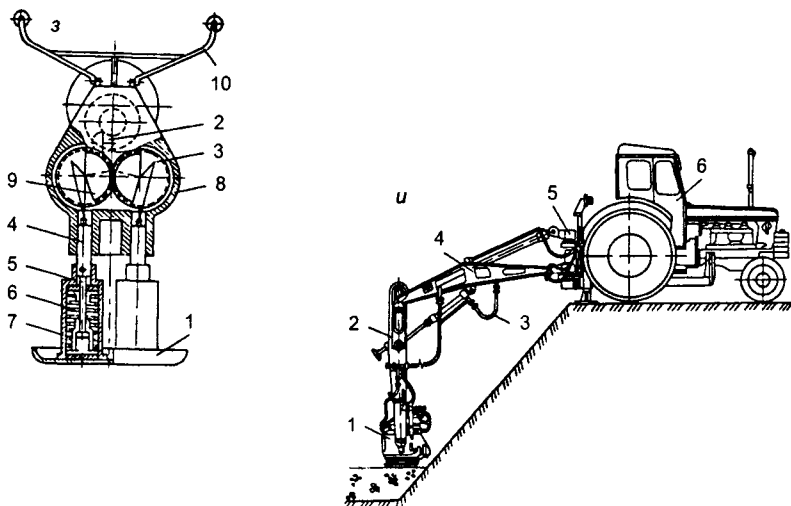


Рис. 11.30 (окончание)

уплотненные участки; 5 — уплотняемые полосы грунта; 6 — стоянки экскаватора по оси движения; 3 — 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

толщине слоя до 0,6 м, несвязные — до 0,8 м (рис. 11.30, з). Управление трамбовкой осуществляется из кабины крана.

Глубинное уплотнение с помощью виброударной установки типа ВУПП (рис. 11.30, д) эффективно для водонасыщенных средне- и мелкозернистых песков при глубине 2,5–6 м. Установка погружается и извлекается из грунта с помощью вибропогружателя и крана. Уплотнение песка обеспечивается по площади диаметром 4–5 м.

Уплотнение грунта методом трамбования осуществляется 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. 11.25, 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 трамбуемого органа (рис. 11.25, 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 трамбуемого органа с перекрытием смежных следов на 0,5 диаметра.

Для уплотнения грунтов в стесненных условиях целесообразно использовать такие 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 несвязанных – 0,3–0,8 м и 0,3–0,5 м (рис. 11.25, з)

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. 11.30, и) 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. комбинированный метод. Пример его показан на рис. 11.31.

11.20. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

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 λ – коэффициент теплопроводности грунта; T – среднесуточная температура воздуха в зимний период; Z – количество суток с отрица-

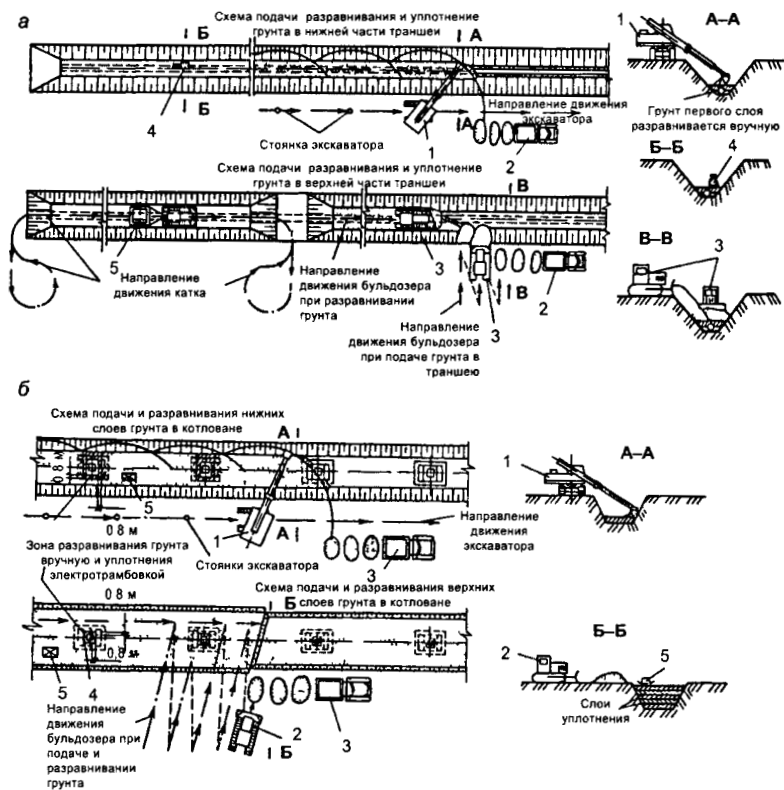


Рис. 11.31. Схемы уплотнения грунта комбинированным методом:

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

тельной температурой 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. 11.32, *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. Средства для разработки мерзлых грунтов представлены на рис. 11.32.

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 боронуется 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 м³, при этом грунт разрабатывается навывет и укладывается на место смежной (предыдущей) проходки.

В качестве утепляющих материалов используются 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. прибегает к пропитке поверхностного слоя грунта хлористым кальцием и натрием, нитрит-нитратом натрия, которые понижают температуру замерзания воды в грунте (до –30°С).

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. 11.33) и основаны на том, что за счет теплоты, передаваемой в слой мерзлого грунта, растапливается лед в его порах и грунт делается талым. Оттаивание грунтов применяется при малых объемах работ, в стесненных условиях, труднодоступных местах и в случаях, когда нельзя использовать более экономичные и менее энергоемкие способы. Оттаивание грунта осуществляется 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. 11.33, 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. 11.33, 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. 11.34, а) участок разбивают на три 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 рабочего оборудования, установленного на базовой машине

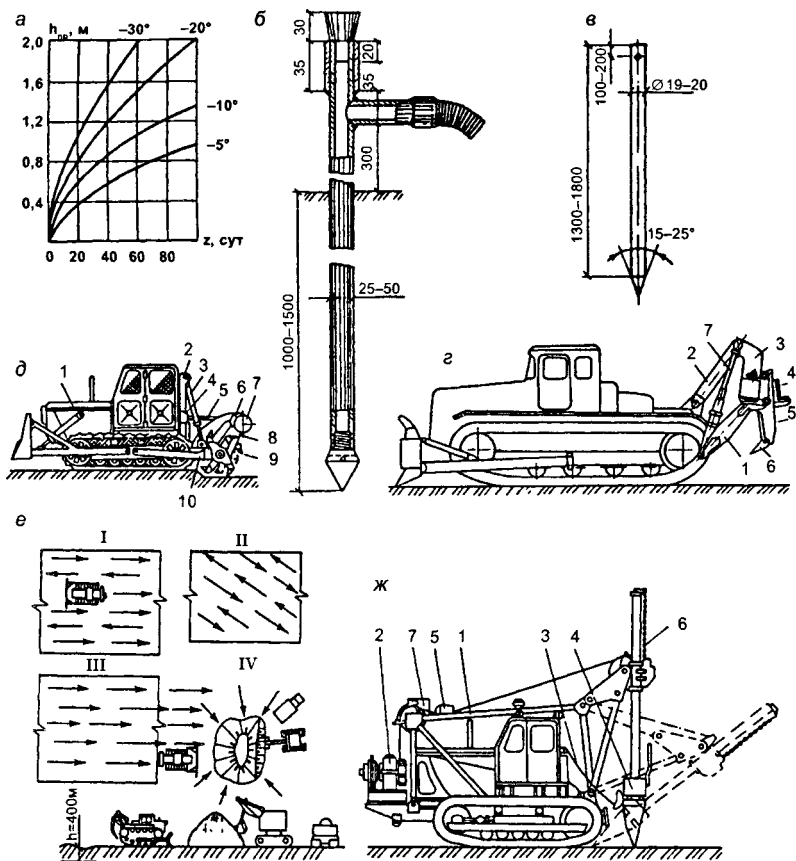


Рис. 11.32. Средства, применяемые для разработки мерзлых грунтов:

а — зависимость глубины промерзания $h_{пр}$ суглинков от количестве 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 — наконечник; 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 послышной 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:

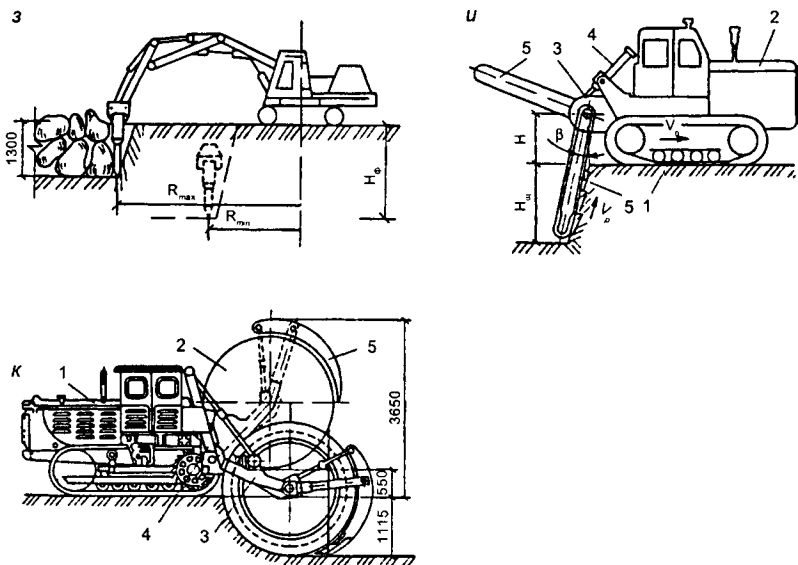


Рис. 11.32 (окончание)

1 — металлоконструкция; 2 — лебедка; 3 — механизм управления рабочим оборудованием; 4 — рабочее оборудование; 5 — направляющий ролик; 6 — цепь предохранения; 7 — гидросистема; з — гидромолот на базе экскаватора; и — двухбаровый щелерез: 1 — гусеничный ход; 2 — двигатель; 3 — редуктор привода бара; 4 — гидроцилиндр подъема и опускания бара; 5 — рабочий орган бара; $H_{ц}$ — глубина нарезания щелей; H — высота расположения приводного редуктора; к — дискофрезерная машина: 1 — трактор; 2 — фреза; 3 и 4 — соответственно подвижная и неподвижная рамы; 5 — грунтоподборщик

(тракторе, экскаваторе и т.п.). Динамическое воздействие обеспечивают за счет удара, вибрации или совместного их воздействия с применением шара- или клина-молота, дизель-молотов, клиновых тракторных рыхлителей и др.

Для рыхления мерзлого грунта механическим способом при разработке котлованов используют навесные (статические) рыхлители и землеройно-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.

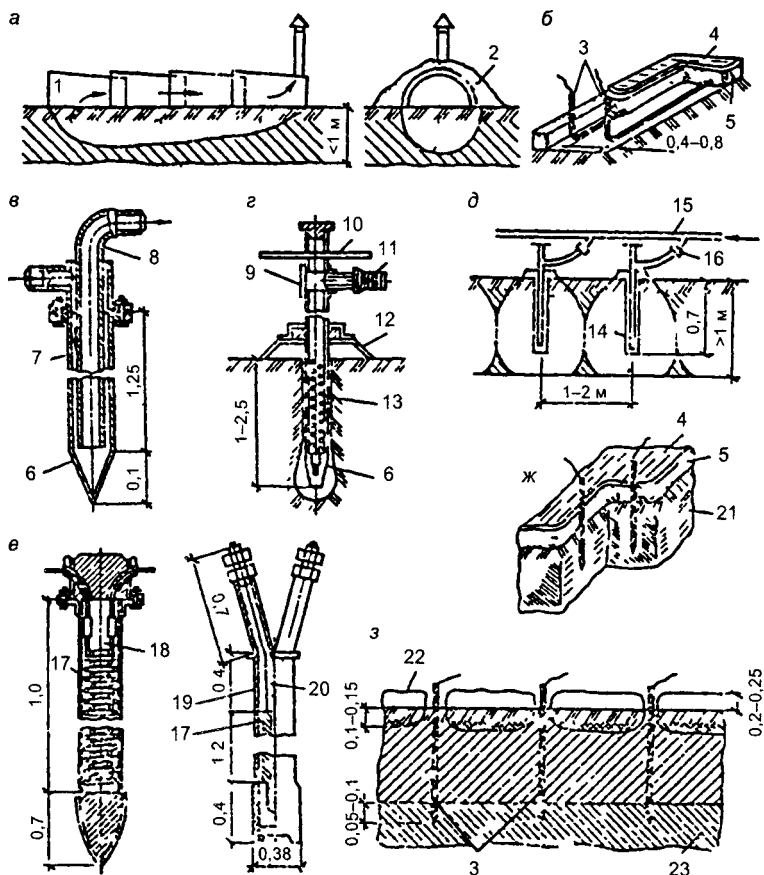


Рис. 11.33. Оттаивание мерзлого грунта с помощью горячих газов, пара, воды и электроэнергии:

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 — рукоятка, 11 — паровой шланг, 12 — колпак, 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 — магнетизма, 21 — мерзлый грунт, 22 — снежный покров, 23 — незамерзший грунт

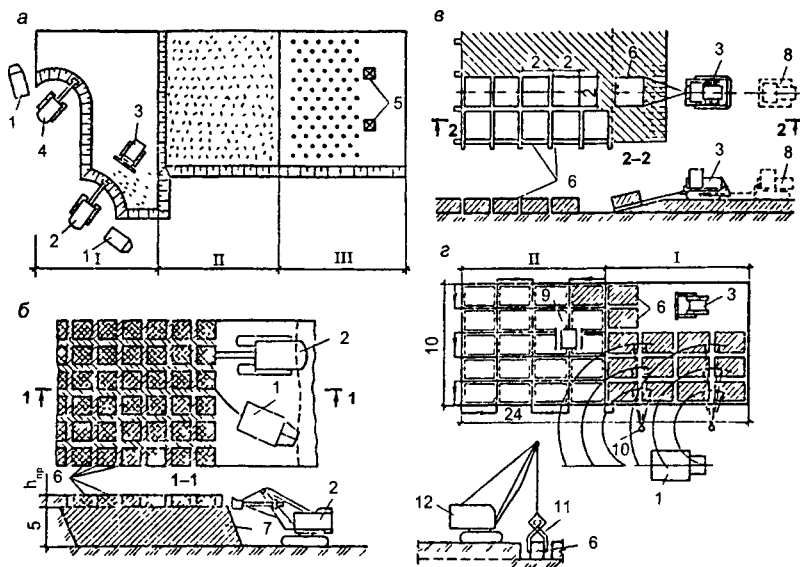


Рис. 11.34. Рыхлаение мерзлых грунтов при устройстве котлованов:

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 — стоянка крана, 11 — клещевой (фрикционный) захват, 12 — кран, I—III — захватки

При небольшой глубине промерзания грунта его рыхлают тракторными рыхлителями продольными проходками под углом 60° . Разрыхленный грунт перемещают бульдозером в торец котлована и экскаватором грузят на самосвалы.

При большой глубине промерзания грунта часто практикуют блочные методы разработки мерзлых грунтов. Обычно используют мелко- и крупноблочные методы разработки грунтов. *Мелкоблочный метод* (рис. 11.34, б) применяют при рытье небольших котлованов и траншей при глубине промерзания $0,6-1,4$ м. Продольными и поперечными прорезями дискофрезерной машины или барами разрезают мерзлый слой на блоки размером от $0,6 \times 0,8$ до $1 \times 1,1$ м, а затем экскаватором с прямой лопатой (емкость ковша $0,65-1$ м³) грузят мерзлые блоки и разрабатывают талый грунт. Крупноблочный метод используют

при разработке котлованов вблизи зданий или сооружений, когда не допускают 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. 11.34, в), кранами (рис. 11.34, 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. 11.34, з). Выемки при этом разбивают на две захватки: на первой нарезают блоки, а на второй их краном удаляют и подчищают основание.

Способы разработки траншей в зимнее время следующие: разработка траншеи в задел; с предохранением грунта от промерзания; без предварительной подготовки; с предварительным рыхлением. Разработку траншей в задел (т.е. заблаговременно) на полный профиль производят в осенний период до наступления морозов. Траншеи 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 траншеи с предварительным рыхлением грунта взрывным или механическим способом применяют при промерзании грунта на глубину более 0,4 м. Рыхление производят шпуровыми зарядами или с помощью рыхлителей.

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.

При разработке траншей в мерзлых грунтах чаще всего используется несколько типов машин, каждая из которых подготавливает фронт работ для машин, выполняющих последующие операции. При глубине промерзания до 1,3 м траншеи, неширокие котлованы (до 8 м), можно разработать обратными лопатами с ковшом вместимостью 0,65 м³ 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. 11.35, а), а при ширине более 2 м делают и поперечные прорезы под углом 30°, нарезая при

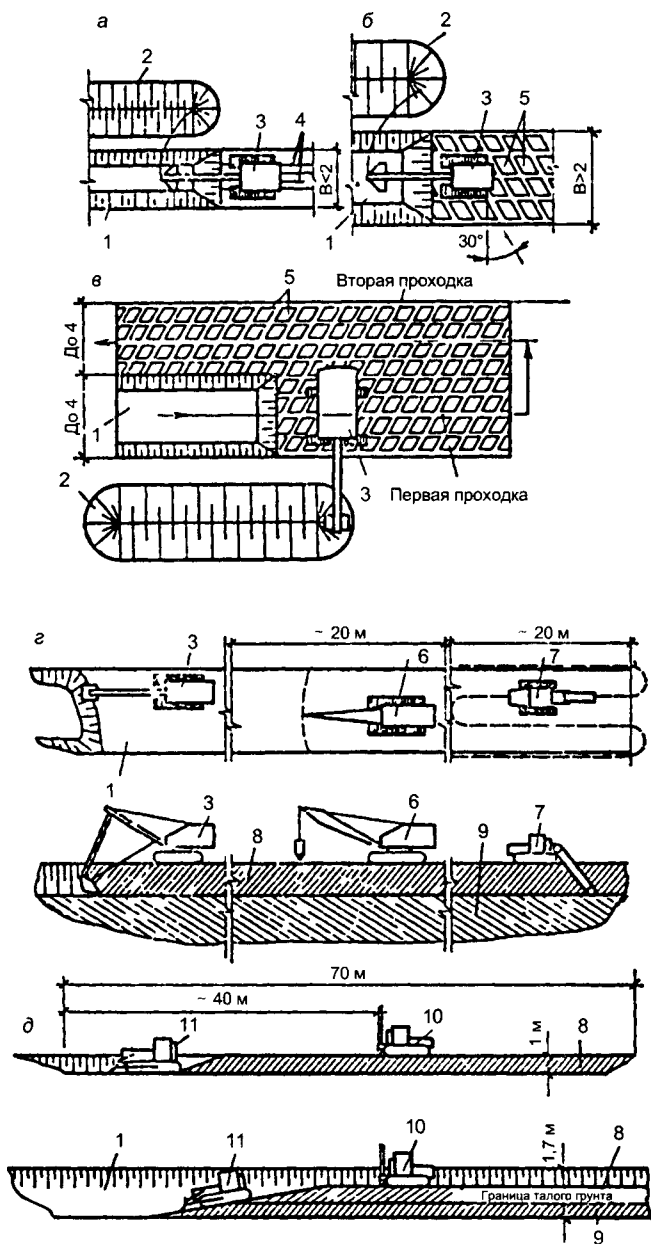
этом блоки в виде ромбов (рис. 11.35, б). Широкие траншеи или котлованы (шириной до 8 м) разрабатывают двумя торцовыми проходками экскаватора (рис. 11.35, в). При разработке широких траншей для прокладки коллекторов в мерзлых грунтах при значительной глубине промерзания обычно применяют баровые машины, экскаваторы с клинмолотом и экскаваторы с обратной лопатой, как это показано на примере отрывки траншеи шириной поверху 6 и понизу 4 м и глубиной 4 м при глубине промерзания грунта 1,7 м (рис. 11.35, г). Пример разработки траншеи прямоугольного сечения шириной 3 и глубиной 2,7 м в грунт с промерзанием 2,1 м приведен на рис. 11.35, д.

Засыпка траншей с трубопроводами в зимних условиях. Если строительство трубопроводов осуществляется поточно-совмещенным методом (трубопровод укладывается 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.

11.21. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТАХ

До начала производства земляных работ в местах расположения действующих подземных коммуникаций необходимо в соответствии со СНиПом разработать и согласовать с организациями, эксплуатирующими эти коммуникации, мероприятия по обеспечению безопасных условий труда. Особо осторожно следует вести земляные работы вблизи действующих электрокабелей. При обнаружении взрывоопасных объектов земляные работы необходимо немедленно прекратить.

Котлованы и траншеи, разрабатываемые на улицах, проездах, во дворах ограждают. Разрабатывать грунт в котлованах и траншеях подкопом, т.е. под нависающим массивом грунта, не допускается. Образующиеся при это козырьки грунта должны быть обрушены с принятием соответствующих мер предосторожности и при удалении рабочих из забоя. Рытье котлованов и траншей с откосами без крепления в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод или осушенных с помощью искусственного водопонижения допускается при соблюдении установленных СНиПом величины наибольшей



крутизны откосов. Состояние (устойчивость) откосов нужно проверять ежемесячно и в случае их повреждения (появление трещин и т.п.) работы необходимо остановить, а откосы сделать более пологими. При разработке выемок с вертикальными стенками крепления следует устанавливать сразу после того, как достигнута допустимая для данного вида грунта глубина разработки без крепления стенок. Устанавливать крепление необходимо в направлении сверху вниз по мере разработки выемки. Надежность и состояние креплений следует проверять ежемесячно.

В случаях необходимости выполнения работ с помощью электропрогрева грунта прогреваемую площадь следует ограждать, а пребывание людей на таких участках, находящихся под напряжением, не допускается. При подъеме грунта из выемок с помощью бадей необходимо устраивать защитные навесы-козырьки для укрытия работающих в выемке. При разработке выемок одноковшовыми экскаваторами запрещается находиться под ковшом в радиусе действия стрелы плюс 5 м, а также наверху забоя в зоне призмы обрушения. При работе траншейных многоковшовых экскаваторов опасной зоной является сама траншея, зона возможного обрушения грунта (при рытье траншей с вертикальными стенками), а также пространство на расстоянии не менее 5 м от конвейера и перед экскаватором в направлении движения. При прохождении траншей через охранную зону линий электропередач их разрабатывать одно- или многоковшовыми экскаваторами разрешается, если расстояние между крайней точкой экскаватора и ближайшим проводом составляет не менее 1,5 м при напряжении линии до 1 кВ, 2 м — при напряжении до 20 кВ, 4 м — при напряжении до 110 кВ и 9 м — при напряжении до 750 кВ. В случае обнаружения в разрабатываемой выемке газов (например,

Рис. 11.35. 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 косоугольных блоков; в — то же, шириной 8 м за две проходки экскаватора; г — разработка траншей коллектора баровой машиной, клин-бабой и обратной лопатой; д — разработка траншей машиной ударного действия М-1-28 и бульдозером; 1 — траншея; 2 — отвал; 3 — экскаватор с обратной лопатой; 4 — продольные прорези; 5 — нарезанные блоки; 6 — клин-баба; 7 — баровая машина; 8 — мерзлый грунт; 9 — талый грунт; 10 — машина М-1-28; 11 — бульдозер

при погружении опускного колодца и в других случаях) рабочих из выемки нужно удалить и работы прекратить до выявления причин появления этих газов и обезвреживания мест производства работ.

При разработке грунта способом гидромеханизации запрещается находиться на верху забоя в зоне призмы обрушения, а также в зоне действия струи гидромонитора. Зону работы гидромонитора в пределах полукруга дальности действия его струи, а также зону возможного обрушения грунта в пределах не менее трехдневной выработки следует обозначать предупредительными знаками и ограждать по верху забоя.

При рыхлении мерзлого грунта механическим ударным способом следует определить размеры опасной зоны по разлету кусков грунта, вывести из этой зоны людей и установить на машине, производящей дробление, защитные приспособления. Если разработку грунта ведут взрывным способом, то при этом необходимо соблюдать Единые правила безопасности при взрывных работах, утвержденные Госгортехнадзором.

ГЛАВА 12. ПРОЦЕССЫ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ, ФУНДАМЕНТОВ И БУРОВЫХ РАБОТ

12.1. 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. Главными элементами подземной части являются основания и фундаменты.

Под *основаниями* понимают напластования грунтов, которые воспринимают нагрузку от здания или сооружения. Различают основания естественные, сложенные природными грунтами, и искусственные, когда природные грунты частично заменены или свойства их улучшены тем или иным способом (уплотнением, закреплением 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, щелевые, буровые, тонкостенные цилиндрические оболочки, опускные колодцы и кессоны).

Прочность и устойчивость построенных зданий и сооружений в значительной мере зависит от качества подготовки оснований. При этом очень важным является уплотнение оснований, выполняемое с целью повышения их прочности и снижения осадок зданий и сооружений. Различают поверхностное и глубинное уплотнение оснований.

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 выборе 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 Менар», уплотняли насыпи и водонасыщенные пески на глубину до 49 м, сбрасывая их с высоты 20 м специальным стреловым краном. 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-каменную насыпь на глубину до 40 м.

Уплотнение тяжелыми трамбовками используют при уплотнении лёссовых 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 низкорасположенным центром тяжести, за счет чего достигается вертикальность падения и устойчивость трамбовки при ударе по грунту (рис. 12.1, а).

Трамбовку подвешивают к стреле крана на канате через специальную подвеску, препятствующую скручиванию каната (рис. 12.1, б). Высоту

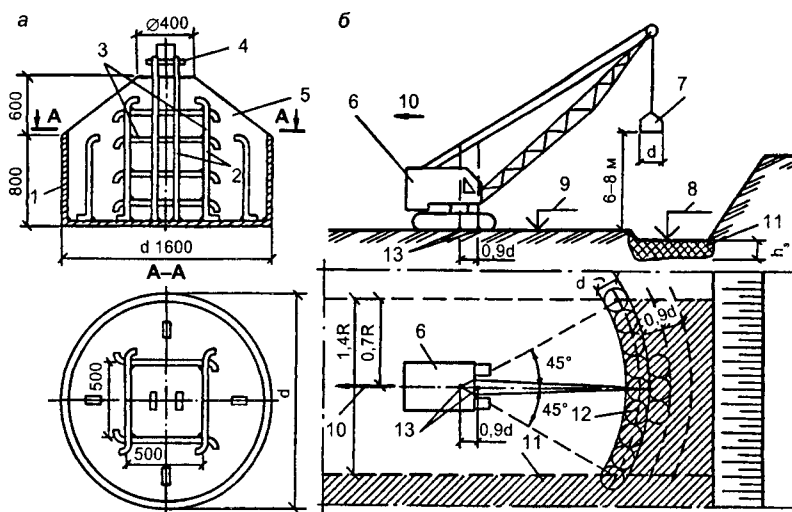


Рис. 12.1. Уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками:

a — конструкция тяжелой трамбовки; *b* — 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)

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 приблизительно может быть определена по формуле

$$hs = kd,$$

где k — коэффициент, принимаемый для супесей и суглинков 1,8, для глин — 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 $1,55 \text{ г/м}^3$.

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

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

где w_p – влажность грунта на границе раскатывания.

Если грунт основания, подлежащий уплотнению, имеет влажность менее оптимальной, то его следует доувлажнять.

Необходимое количество воды, m^3 , на весь объем уплотняемого основания определяют по формуле

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

где ρ_d – плотность сухого грунта до уплотнения, $кг/м^3$; w_0 – оптимальная влажность грунта; w – природная влажность грунта; ρ_w – плотность воды, $кг/м^3$; h_s – глубина уплотнения грунта, $м$; F – уплотняемая площадь, $м^2$.

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 ρ_{ds} – среднее значение плотности сухого грунта в процентах уплотненного слоя, $г/м^3$; ρ_d – среднее значение плотности сухого грунта до уплотнения, $г/м^3$.

Для уплотнения основания тяжелыми трамбовками массой 2–7 т используют краны-экскаваторы типа Э-10011 и Э-1252, а для трамбовок массой 10–25 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. Величину отказа устанавливают опытным путем. Ориентировочно величину отказа принимают равной: для пылевато-глинистых грунтов 1–2 см, для песчаных 0,5–1 см. Число ударов для уплотнения до отказа зависит от начального значения 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 уплотняют 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 расширении 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 ρ_{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; ρ_{ds} – средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве, принимается 1,65 – 1,75 г/м³ в зависимости от особенности уплотняемых оснований и назначения грунтовых свай; ρ_d – плотность сухого грунта природного сложения, г/м³.

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

При этом вначале буровыми станками бурят скважины диаметром 0,5 м, а затем в них засыпают грунт, в качестве которого используют супеси и суглинки, имеющие оптимальную влажность. Каждую порцию грунта в скважине трамбуют, при этом масса ударной части должна быть не менее 2 т.

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

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

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_n – площадь поперечного сечения грунтовой сваи, м²; ρ_{ds} – плотность сухого уплотненного грунта в теле грунтовой сваи, равная 1,75 г/м³; w_s – влажность грунта, засыпаемого в скважину.

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. 12.2).

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

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

где d – диаметр скважины, м; ρ_{ds} – средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве, г/м³; ρ_d – плотность сухого грунта природного сложения, г/м³.

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. 12.2).

При использовании такой технологии повышается устойчивость стенок скважин, что позволяет в некоторых случаях сократить

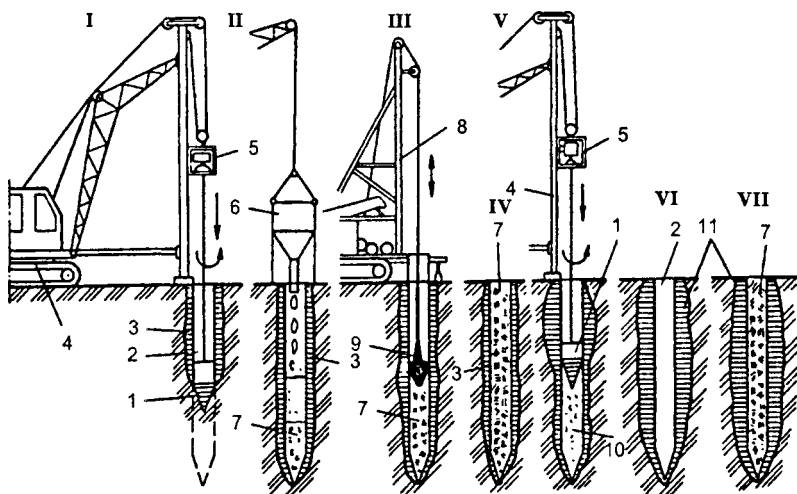


Рис. 12.2. Технология глубинного уплотнения основания грунтовыми сваями с использованием винтового продавливания скважин:

I — продавливание скважин спиралевидным снарядом; II — заполнение скважины грунтом; III — уплотнение грунта; IV — готовая грунтовая свая с одноразовой проходкой скважины; V — вторая проходка скважины спиралевидным снарядом по скважине, заполненной грунтом без уплотнения; VI — скважины с укороченными стенками двухразовой проходкой; VII — готовая грунтовая свая с двухразовой проходкой скважины; 1 — спиралевидный снаряд; 2 — скважина; 3 — уплотненная зона грунта при одноразовой 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 двухразовой проходке скважины

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 переминаятся вниз, и грунт уплотняется.

Глубинное уплотнение таких песчаных грунтов в основаниях осуществляют виброустановкой ВУУП-6 с уплотнителем специальной конструкции.

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 с 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 лёссовидные суглинки и супеси, пылеватые пески с высоким коэффициентом фильтрации ($K_f \geq 0,2$ м/сут).

Процесс уплотнения оснований при предварительном замачивании (рис. 12.3, 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. 12.3, б). При взрывах создается серия ударных волн, которые подвергают грунт многократному динамическому воздействию и в результате глубина уплотнения грунта достигает 30 м.

Для уплотнения грунтов предварительным замачиванием котлованы заполняют водой глубиной 0,3–0,8 м с поддержанием уровня до промачивания всей толщи просадочных грунтов.

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

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

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

Минимально допустимую глубину размещения заряда ВВ по условию образования камуфлетного взрыва рассчитывают по формуле

$$h_s = 8,2 K_{ВВ} K_{гв} \sqrt[3]{q},$$

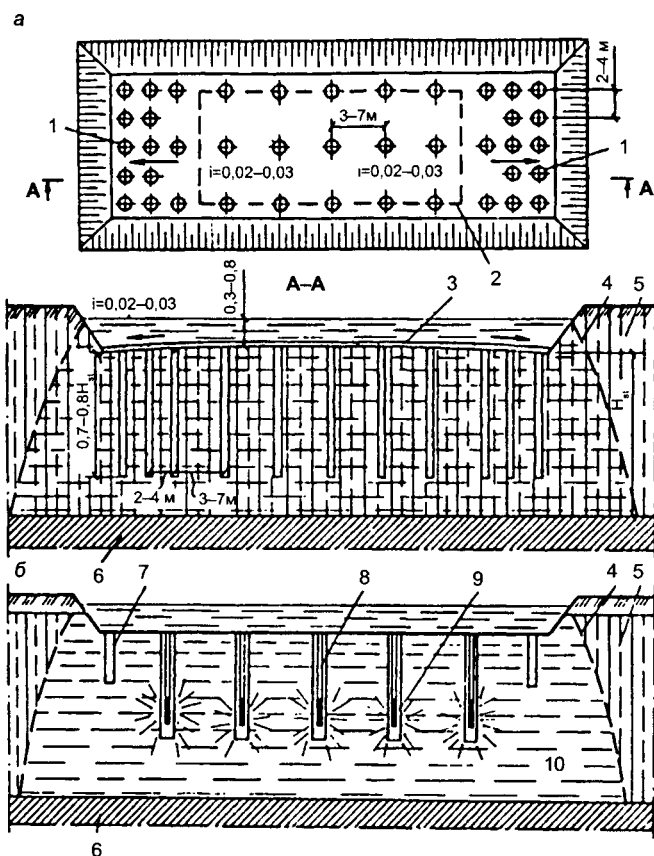


Рис. 12.3. Уплотнение просадочных грунтов предварительным замачиванием (а) и замачиванием с глубинными взрывами (б):

1 — дренажные скважины; 2 — контур возводимого здания; 3 — дренирующий слой из крупнозернистого грунта; 4 — зона замоченного грунта; 5 — лёссовый просадочный грунт; 6 — непросадочный грунт; 7 — контурная траншея; 8 — дренажно-взрывная скважина; 9 — глубинный взрыв; 10 — замоченный грунт, уплотненный взрывами

где $K_{\text{вв}}$ — коэффициент, зависящий от типа ВВ, принимается для тротила и аммонита равным 0,85 и для аммонала — 0,58; $K_{\text{г}}$ — коэффициент, зависящий от вида грунта, принимаемый для глин и суглинков 0,24–0,3 и для супесей 0,29–0,4.

При уплотнении грунтов оснований замачиванием и глубинными взрывами следует применять водостойкие ВВ, 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 воздействием 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.

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 трамбуемые 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. 12.4. 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.

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.

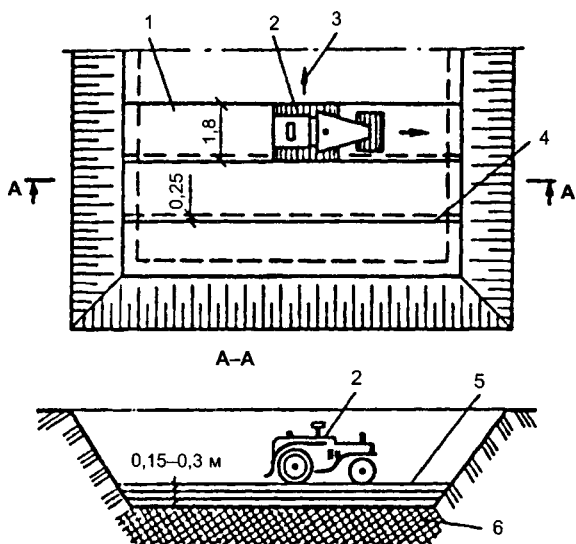


Рис. 12.4. Схема устройства грунтовой подушки при уплотнении ее слоев катками:

1 — уплотняемая полоса; 2 — каток; 3 — направление уплотнения; 4 — перекрытие катком смежной уплотненной полосы; 5 — уплотняемые слои; 6 — уплотненный грунт

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. 11 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.

Вытрамбование котлованов осуществляют путем многократного сбрасывания с высоты 3–8 м трамбовки, имеющей форму будущего

фундамента. Для вытрамбования используют краны-экскаваторы, тракторы со специальным навесным оборудованием, включающим направляющую штангу, каретку и трамбовку (рис. 12.5). Грузоподъемность базовой машины должна быть в 2,5–4 раза больше массы трамбовки.

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 вытрамбования

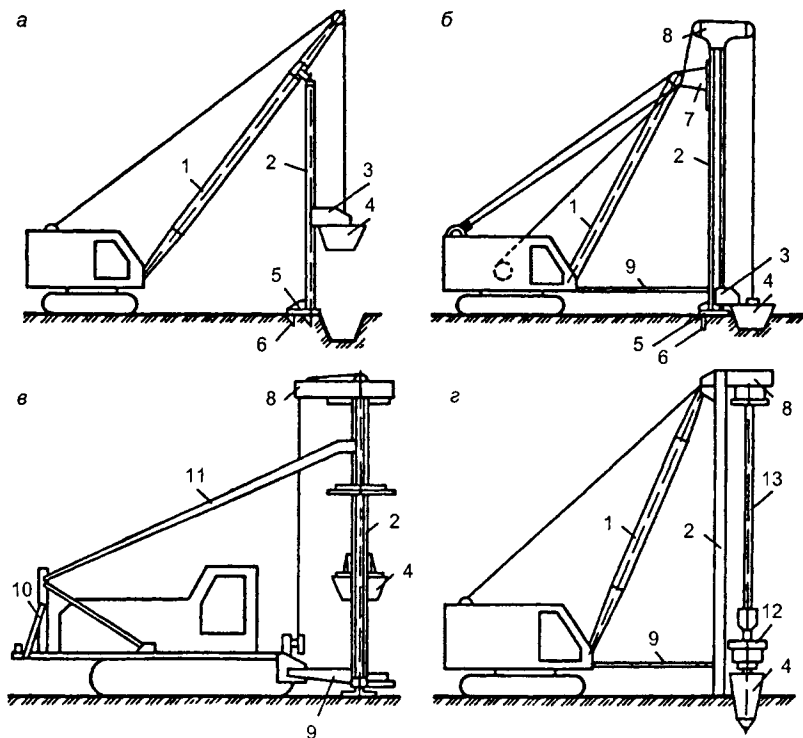


Рис. 12.5. Оборудование для вытрамбования котлованов:

а — на экскаваторе со стрелой драглайна; б — на экскаваторе с прямой лопатой; в — на базе трактора; г — на базе сваебойного 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

в дно котлована жесткого материала (рис. 12.6, *a*); с уширенным основанием, получаемым втрамбовыванием в грунт жесткого материала (щебня, песка, гравия, песчано-гравийной смеси, шлака и т.п.) (рис. 12.6, *б*); в виде отдельно-стоящих, ленточных и ленточных прерывистых (рис. 12.6, *в*, *г*). Соответственно для устройства фундаментов разных видов используются трамбовки различной формы (см. рис. 12.7).

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 давле-

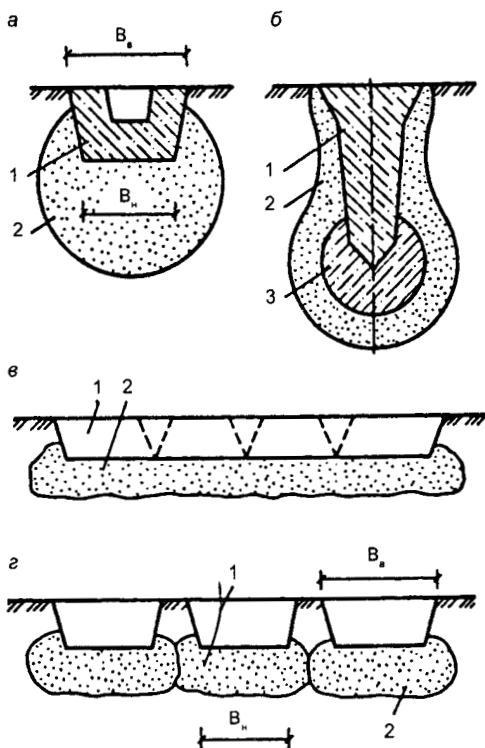


Рис. 12.6. Виды фундаментов в вытрамбованных котлованах:

a — без уширения основания; *б* — с уширением основания; *в* — ленточный; *г* — прерывистый; 1 — фундамент; 2 — уплотнительная зона; 3 — втрамбованный жесткий материал

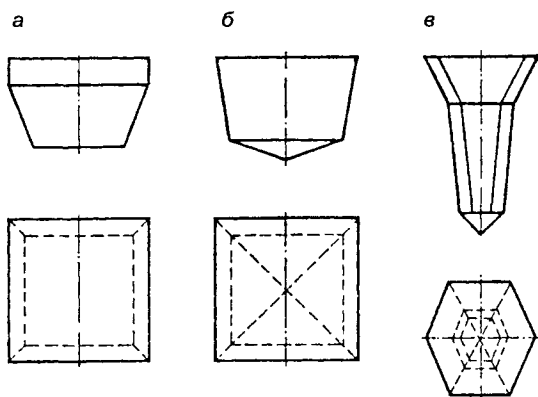


Рис. 12.7. Трамбовки для вытрамбовывания котлованов:

а — с плоской подошвой; *б* — с заостренной подошвой; *в* — удлиненная для вытрамбовывания полостей при устройстве фундаментов в виде коротких свай

ние 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.

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 η_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 см, при $A = 1 - 2 \text{ м}^2$ — 8 см и при $A > 2 \text{ м}^2$ — 6 см; для удлиненных трамбовок с заостренным концом $S_{im} = 1,5 \text{ см}$. При использовании для вытрамбовывания 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.

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

Втрамбование жесткого материала для создания уширенного основания производят сразу же после вытрамбовывания котлована на проектную глубину. Объем порции жесткого материала принимают с таким расчетом, чтобы высота засыпки составляла 0,6–1,2 м.

При устройстве сборных железобетонных фундаментов 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.

12.2. НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ СВАЙНЫХ РАБОТ. КЛАССИФИКАЦИЯ СВАЙ

Сваи используют как элемент при возведении фундаментов, для упрочения и повышения устойчивости оснований и массивов грунта.

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. 12.8).

К готовым сваям относятся забивные и винтовые сваи. Забивные железобетонные, деревянные и стальные сваи погружают в грунт без

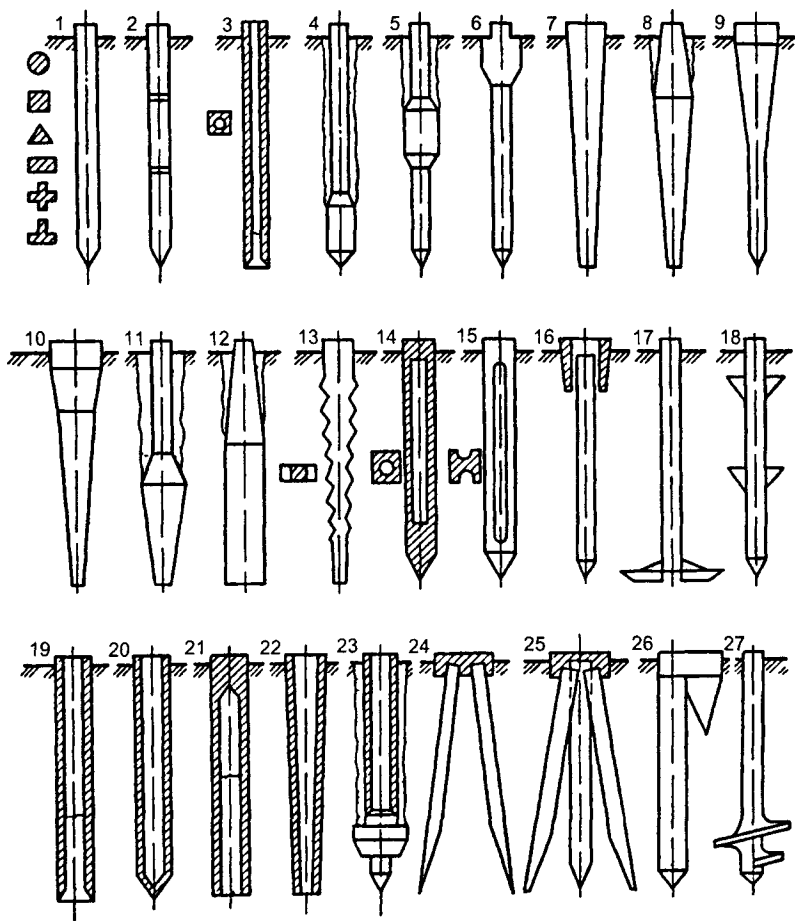


Рис. 12.8. Виды готовых сборных свай:

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 — лопостная; 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 головке; 27 — винтовая

его выемки с помощью молотов, вибропогружателей, виброудавляющих и вдавливающих устройств. Винтовые сваи (рис. 12.8, 27), снабженные винтовым наконечником, погружают в грунт завинчиванием с помощью кабестанов специальных машин на базе тракторов или автомобилей.

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. 12.9) и зависят от применяемых способов их возведения и грунтовых условий строительной площадки. Для их устройства выполняют в грунте скважины для образования стволов свай, а также полости для устройства различного рода уширений.

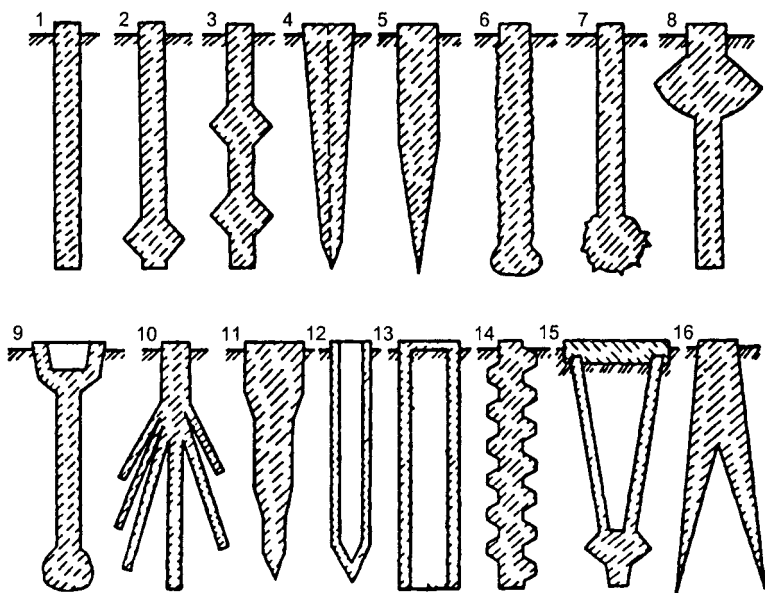


Рис. 12.9. Виды набивных свай:

1 — цилиндрическая; 2 — с уширением; 3 — с уширением по стволу; 4 — коническая; 5 — коническо-цилиндрическая; 6 — частотрабованная; 7 — с камуфлетным уширением; 8 — с уширением вверху; 9 — со стаканом; 10 — корневидная; 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.

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 200×200 до 400×400 мм (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.

Голову сваи, воспринимающую нагрузки ударов от сваебойного оборудования, армируют арматурными сетками. Бетон для обычных, ненапряженных свай принимают классов 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 250×250 , 300×300 и 400×400 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.

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.

12.3. 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 сваебойным оборудованием – свайными молотами.

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 составлять 1–1,25, а трубчатого – 0,4–0,7 массы сваи.

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.

Принятый 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 $\mathcal{E}_p = 0,9 M_m H$;

для штанговых дизель-молотов $\mathcal{E}_p = 0,4 M_m H$;

для паровоздушных молотов одиночного действия $\mathcal{E}_p = 0,9 M_m H \eta$;

для паровоздушных молотов двойного действия $\mathcal{E}_p = (0,9 M_m + pF)h$;

для механических молотов $\mathcal{E}_p = 0,9 M_m H$,

где M_m – масса ударной части молота, кг; H – фактическая высота падения ударной части, м; η – КПД молота; p – давление сжатого воздуха или пара в цилиндре молота, МПа; F – площадь поршня, см²; h – ход поршня, см.

Технологический процесс забивки свай включает следующие операции: разметку мест забивки, передвижку и установку копра или сва-

ебойного агрегата у места забивки, подачу сваи 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. 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. 12.10, *а, б, в*), обладающие энергетической автономностью, высокой механизацией операций, мобильностью и маневренностью.

Чтобы обеспечить правильную установку и направление погружения сваи, 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.

Если средний отказ в трех последовательных залогах не превышает расчетного, забивку сваи 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 сваи-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,

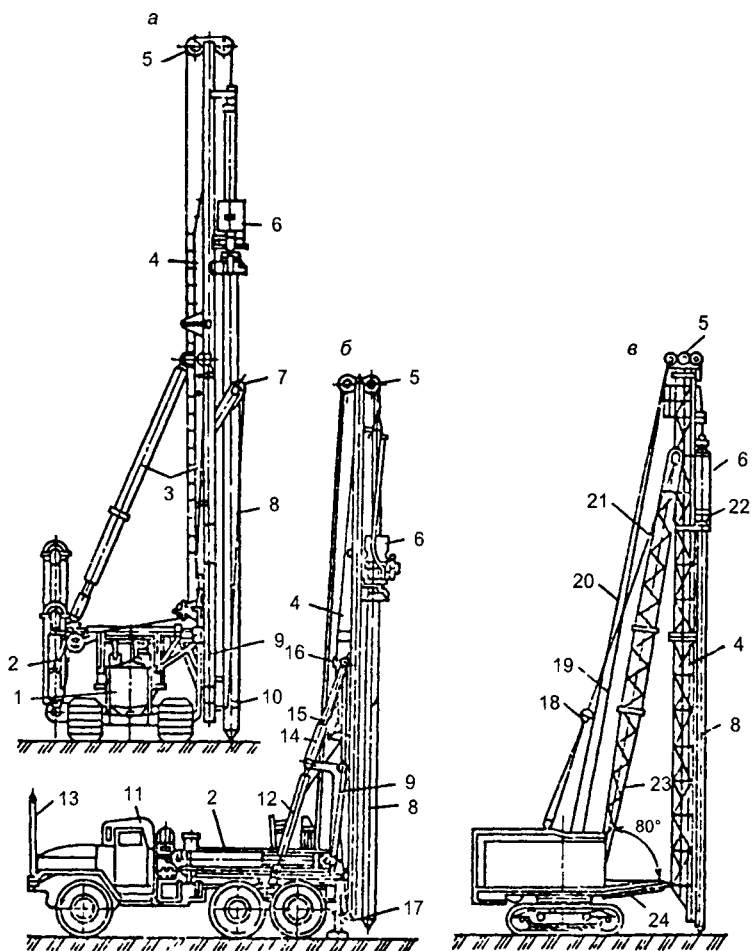


Рис. 12.10. Забивка свай самоходными сваебойными агрегатами:

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, выдвигания 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

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. 12.11, *а, б, в*). Для погружения сваи вибропогружатель подвешивают к мачте сваепогружающего агрегата и соединяют наголовником со сваем. 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 погружении сваи статическим вдавливанием применяют агрегаты из двух тракторов, оборудованных направляющей рамой, опорной плитой, наголовником для передачи давления на сваю, соединенным с вдавливающим полиспастом (рис. 12.11, *г*). Метод динамического или вибрационного вдавливания свай с помощью вибровдавливающих агрегатов является более эффективным, так как свая погружается за счет собственной массы вибропогружателя и части массы трактора, передаваемой вдавливающим канатом через вибропогружатель (см. рис. 12.11, *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. 12.11, *д*).

Погружение свай с помощью гидроподмыва 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 свай 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

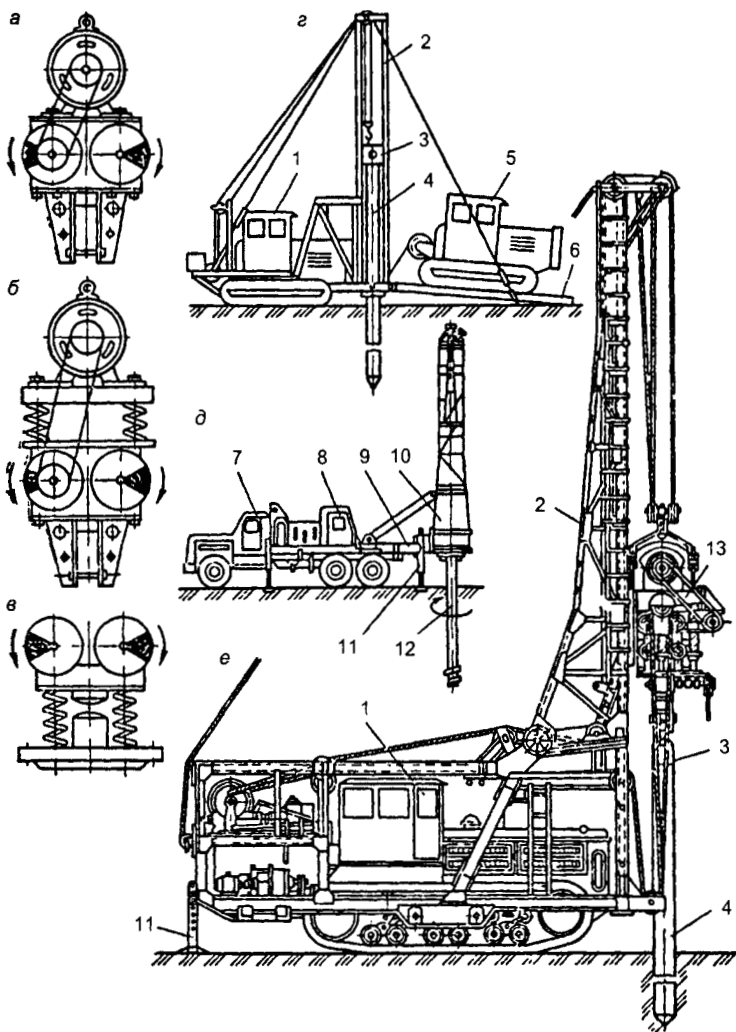


Рис. 12.11. Схемы вибропогружения, вдавливания и завинчивания свай:

а — вибропогружатель с жестким креплением двигателя; б — с подрессоренной пригрузкой; в — вибромолот; 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

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.

12.4. 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 грунтобетонные, 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 скважинами 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. 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 укладывают и уплотняют очередной слой, повторяя операцию до полного заполнения скважины.

Литые сваи устраивают в тех случаях, когда грунтовые воды раслаивают трамбуемую бетонную смесь. В этих условиях скважины заполняют литым бетоном (осадка конуса 12–16 см). Бетонная смесь, вытесняя воду, заполняет освобождаемую 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, которую перед забивкой оснащают чугунным наконечником (башмаком), оставляемым в скважине. Ударами молота трубу погружают до заданной отметки, после чего молот поднимают и закрепляют в крайнем верхнем положении, а в трубу опускают арматурный каркас (если сваи армируются). Далее трубу заполняют бетонной смесью, причем вначале только до половины высоты, а затем трамбуют смесь молотом двойного действия, который крепят к обсадной трубе через подбабок. Молот обеспечивает одновременное уплотнение бетона и извлечение трубы.

Буронабивные сваи устраивают путем заполнения бетоном (осадка конуса 18 см) методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) скважин, пробуренных без обсадной трубы. Буронабивные 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 буронабивных свай применяют установки вращательного, ударно-канатного и грейферного бурения, а также шнековые бурильные установки, как, например, наиболее распространенная установка СО-2 (рис. 12.12). 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 бурильнокрановая установка БУК-600, предназначенная для устройства буронабивных свай диаметром 400–600 мм и глубиной до 25 м в связных грунтах. Она представляет собой навесное оборудование на базе крана-экскаватора.

Для устройства буронабивных 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.

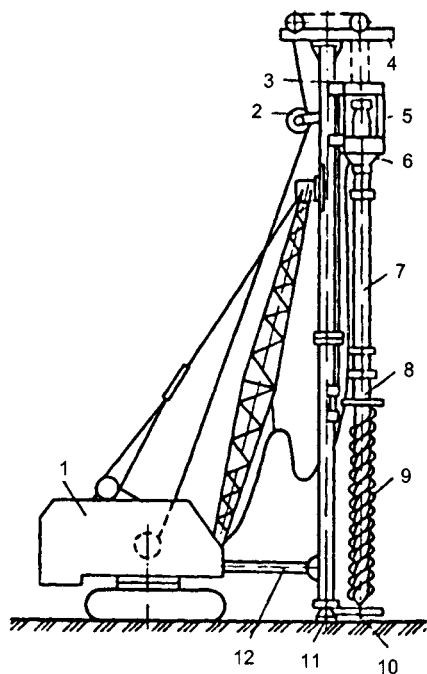


Рис. 12.12. Установка СО-2 для устройства буронабивных свай:

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

12.5. БУРЕНИЕ СКВАЖИН И ШПУРОВ

Процесс бурения в водопроводном строительстве выполняют в целях устройства скважин для водоснабжения и водопонижения, бесстраншейной 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 *шпурам*, 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*.

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 скважин 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 змеевики, 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 (400–600 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, электробурами) и ударно-канатными 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 также буровую дробь с дробовыми коронками. Применяют также кернорватели, предназначенные для отрыва керна и удержания его в колонковой трубе при подъеме бурового снаряда. Колонковое 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 на воду, используют лопастные, шарошечные, алмазные и другие долота без отбора керна. При необходимости отбора керна применяют колонковые долота или трубодолота.

Глубинное бурение скважин вращательным роторным или турбинным способом осуществляют с помощью специальных установок (рис. 12.13). 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. Вращение от ротора 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

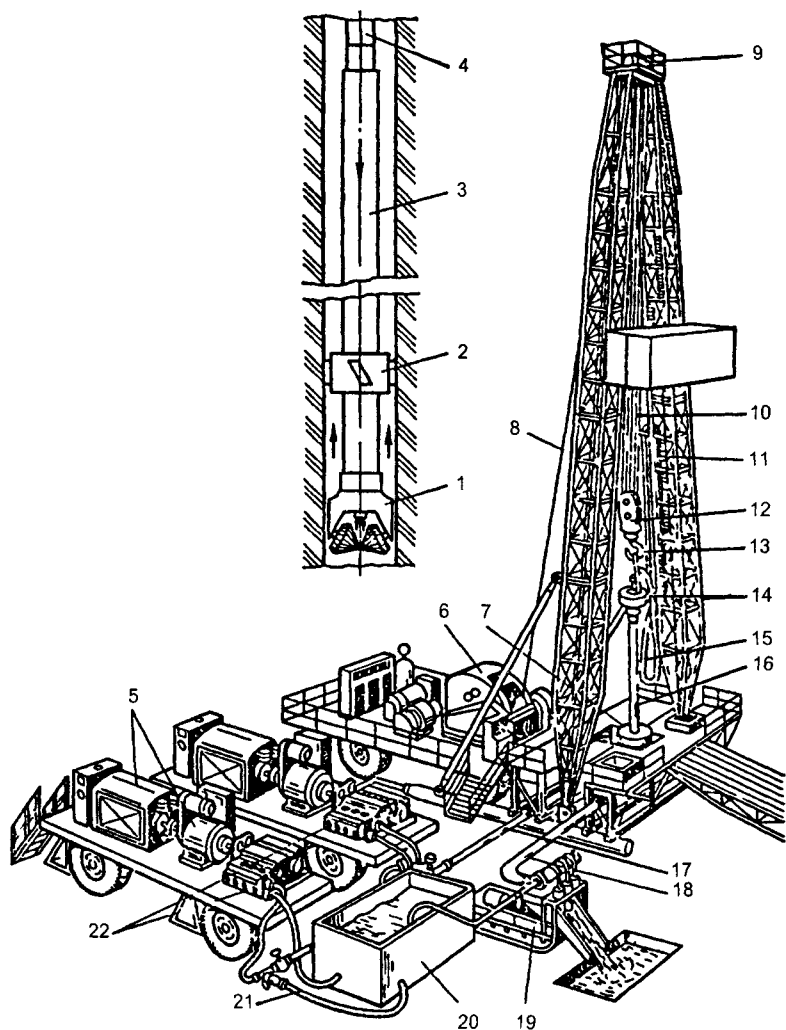


Рис. 12.13. Установка роторного бурения скважин:

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 — шламоочищающие устройства; 20 — емкость; 21 — всасывающие шланги; 22 — насосы

на породу подразделяются на: режуще-скалывающего типа, лопастные, разрушающие породу лопастями; шарошечные (дробяще-скалывающего действия), разрушающие породу зубьями или штырями на шарошках; алмазные долота и типа ИСМ истирающе-режущего действия, разрушающие породу алмазными зернами или твердосплавными штырями в торцовой 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 забою опусканием в скважину на стальном канате бурового снаряда

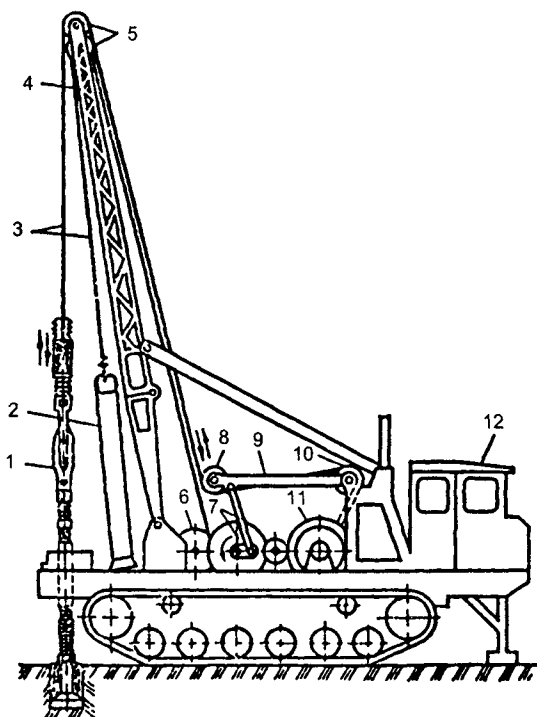


Рис. 12.14. Принципиальная схема ударно-канатного бурения:

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

массой 1–3 т (рис. 12.14) 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 нее 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.

12.6. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

Технологический процесс устройства скважин для водоснабжения включает их бурение, крепление обсадными трубами, опускание фильтра, устройство сальника, разглинизацию 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 скважин 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.

Более эффективным при бурении скважин на воду является ударно-канатный способ, при котором практически не нарушается есте-

ственное 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). 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. 12.15, а) жидкость, подаваемая насосом, омывает забой, торец породоразрушающего инструмента и, поднимаясь по стволу, выносит частицы разрушенной породы, а при

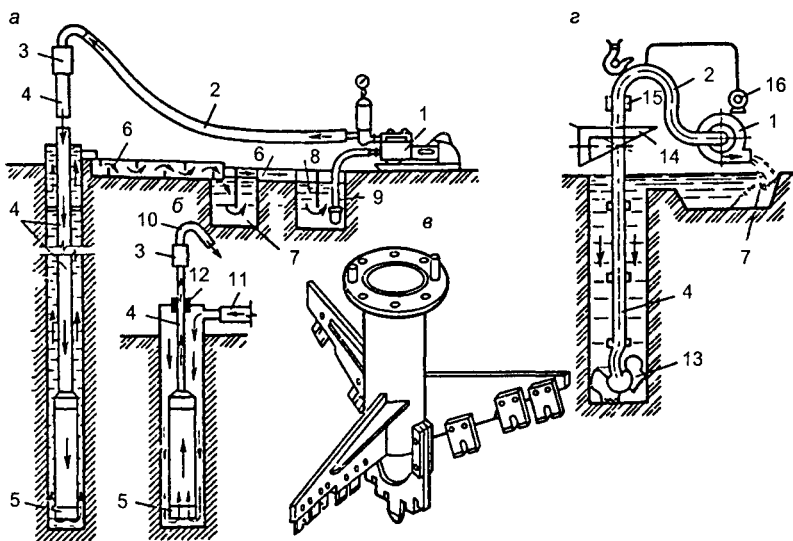


Рис. 12.15. Бурение скважин на воду:

- 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

обратной (рис. 12.15, б) жидкость, омывая забой и породоразрушающий инструмент, поднимается по бурильным трубам.

Обратная циркуляция промывочной жидкости может осуществляться путем отсасывания ее из колонны труб насосами, 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. 12.15, в). Для этого применяют двух- и трехлопастные долота режущего типа (см. рис. 12.15, 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.

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 соосностью резьб 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 гидроэлеватором и с помощью гидроимпульсов (возбуждением ударных волн в пределах водоносного пласта).

ГЛАВА 13. ПРОЦЕССЫ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ

13.1. СОСТАВ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ

Большинство сооружений систем водоснабжения и водоотведения возводится 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 процессы. Заготовительные процессы включают в себя изготовление опалубки, 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. 13.1.

13.2. 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, армоцементную, из синтетических материалов

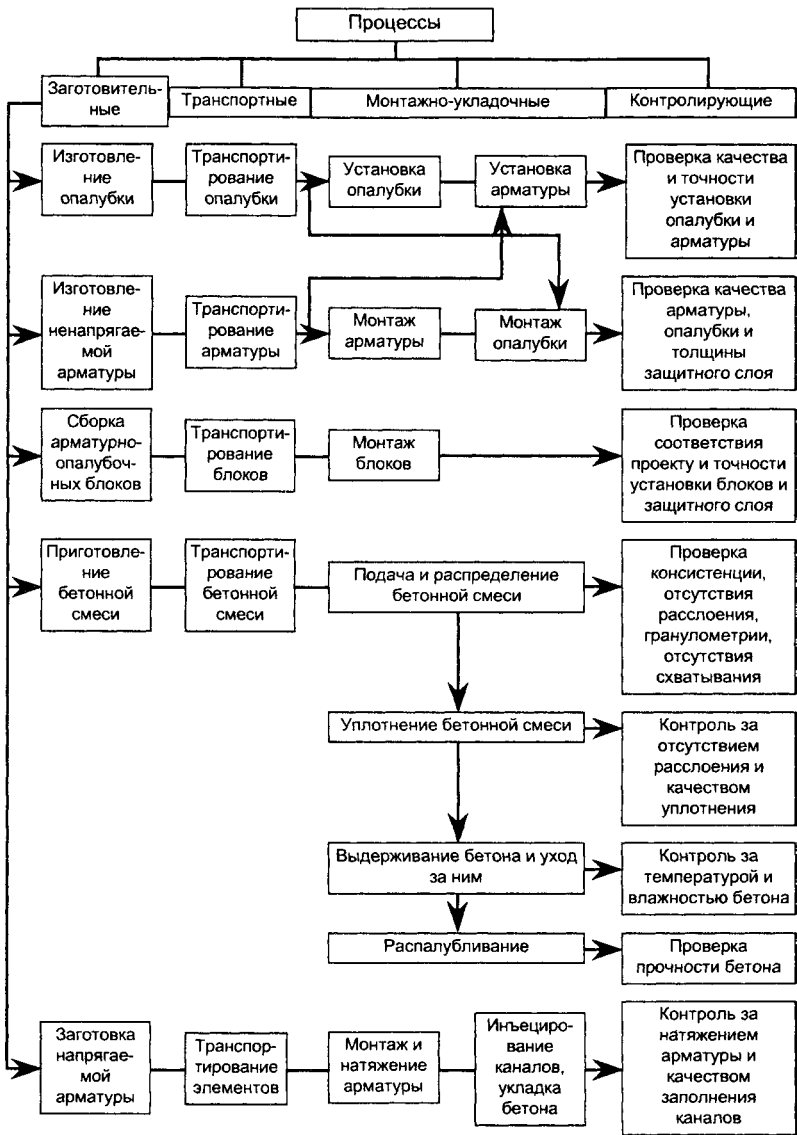


Рис. 13.1. Блок-схема комплексного процесса производства бетонных работ

(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.

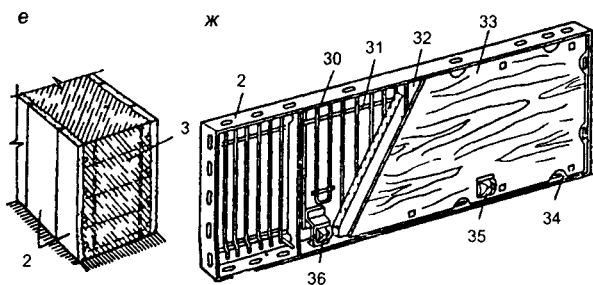
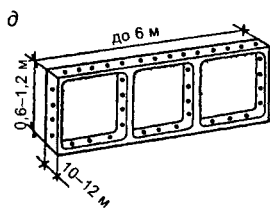
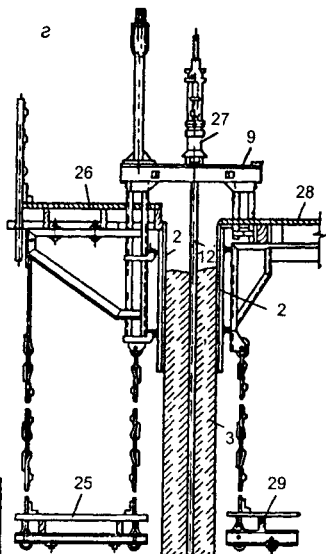
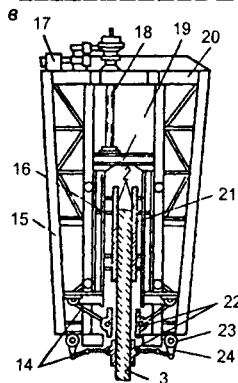
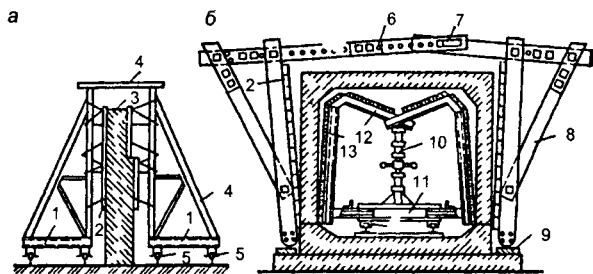
Опалубка может выполняться греющей и утепленной (термоопалубка).

Разборно-переставная опалубка бывает мелко- и крупнощитовая, а также объемная (блочная). *Мелкощитовая* опалубка состоит из отдельных щитов небольшого размера (до 1 м²) и массы (до 50 кг), а также несущих и поддерживающих элементов, крепежных и соединительных узлов.

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.

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 пневматическая (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.

Катучая опалубка применяется для бетонирования стен (рис. 13.2, а) и тоннелей коллекторов (рис. 13.2, б). Рама опалубки установлена на катках для перемещения вдоль бетонизируемых 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. 24.23).

Вертикально-скользящая опалубка (см. рис. 13.2, *з*) 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 бетонизируемых 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. 13.2, *в*), подъемный механизм которой опирается на затвердевший бетон нижерасположенной возведенной стены. Подъем опалубки обеспечивается двухсекционным подъемным механизмом шагающего действия.

Несъемная опалубка устраивается из ребристых (рис. 13.2, *д*) или гладких железобетонных плит (рис. 13.2, *е*); применяют также арми- и стеклоцементные плиты, пластмассовые и асбестоцементные листы, реже металл. Она выполняет одновременно две функции: опалубки при бетонировании и защитной облицовки. Плиты имеют размеры 1×4 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

Рис. 13.2. Виды катучей горизонтально и вертикально скользящей опалубки (*а, б, в, з*), несъемной (*д, е*) и греющей опалубки (*ж*):

1 — тележки; 2 — щиты опалубки; 3 — бетонизируемая 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 опорной рамы; 21 — кружала, 22 — опорные пластины; 23 — короба; 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

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. 13.2, 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 бетонлируемых конструкций применяют меры по уменьшению сил сцепления опалубки с бетоном. С этой целью 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.

Сборку опалубки или ее монтаж ведут, как правило, из готовых элементов (щитов, панелей) и узлов крепления, изготовленных в опалубочных мастерских или цехах.

Качество опалубки должно удовлетворять требованиям ГОСТа и СНиПа. Конструкции опалубки, поддерживающих лесов, а также стоек и крепежных деталей должны обеспечивать прочность, жесткость и устойчивость при укладке бетона, легкость установки и разборки.

Монтаж арматуры. 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.

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. 13.3, а). Каркасы фундаментов и подколлонников большой массы при высоте их более 2 м устанавливают краном с использованием самобалансирующихся стропов (рис. 13.3, б). Монтаж арматурно-опалубочных блоков также осуществляют краном (рис. 13.3, в) и установку его начинают с разметки осевых линий, после чего к верху каждой стороны блока крепят инвентарные рас-

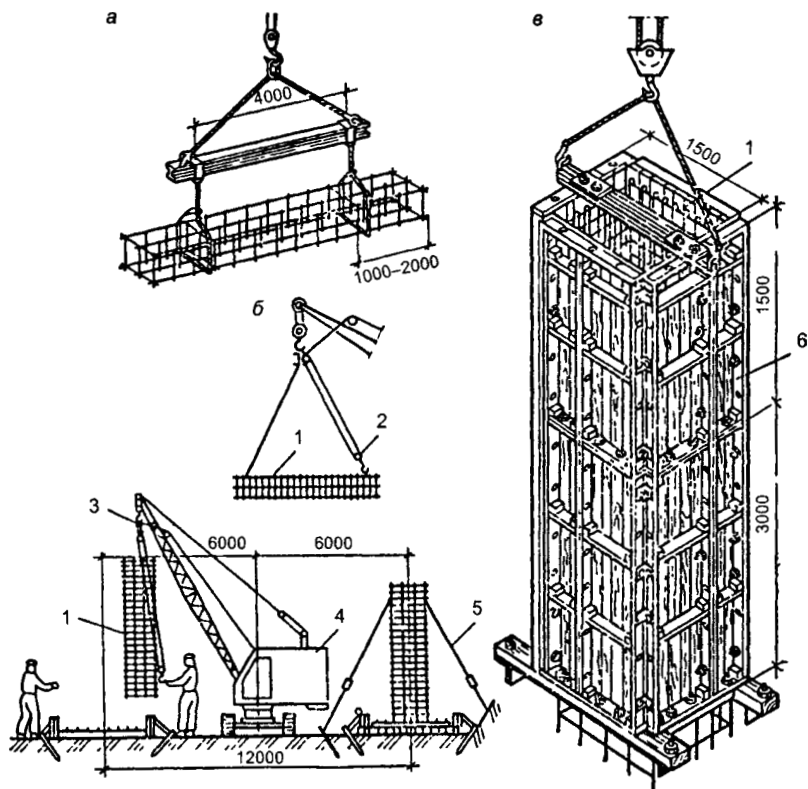


Рис. 13.3. Монтаж арматурных каркасов и арматурно-опалубочных блоков:
 1 — каркас; 2 — блок вспомогательного крюка; 3 — полуавтоматический строп; 4 — кран; 5 — расчалка; 6 — щитовая опалубка

чалки и стропят к крюку самобалансирующей 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.

Сварка арматуры при ее монтаже. Для соединения арматурных стержней, сеток и каркасов применяют различные виды сварки. *Электродуговая сварка*, основанная на принципе образования электрической дуги между свариваемыми стержнями и электродом, применяется при

изготовлении арматурных каркасов из стержней диаметром 8–80 мм (внахлест 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. 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 сварки. 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 из 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 способом.

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. 13.4, а), причем сверху вниз непрерывной спиралью. Натяжение ее обеспечивается вследствие разности скоростей движения тележки машин и соответственно навивочного устройства (рис. 13.4, 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 регулируется специальными коническими барабанами и контролируется 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 $\pm 10\%$. На рис. 13.4, 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. Температура нагрева стержней не должна превышать 400°C . При остывании стержни передают сжимающие напряжения на стены сооружения.

13.3. ВИДЫ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И СПОСОБЫ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Комплексный технологический процесс бетонирования конструкций, как это видно из блок-схемы на рис. 13.1, включает приготовление бетонной смеси и транспортирования ее на строящийся объект, подачу, распределение, укладку и уплотнение ее в конструкции, уход за бетоном в процессе твердения.

К бетонной смеси предъявляются два основных требования: 1) при транспортировании, перегрузке и укладке в опалубку она должна

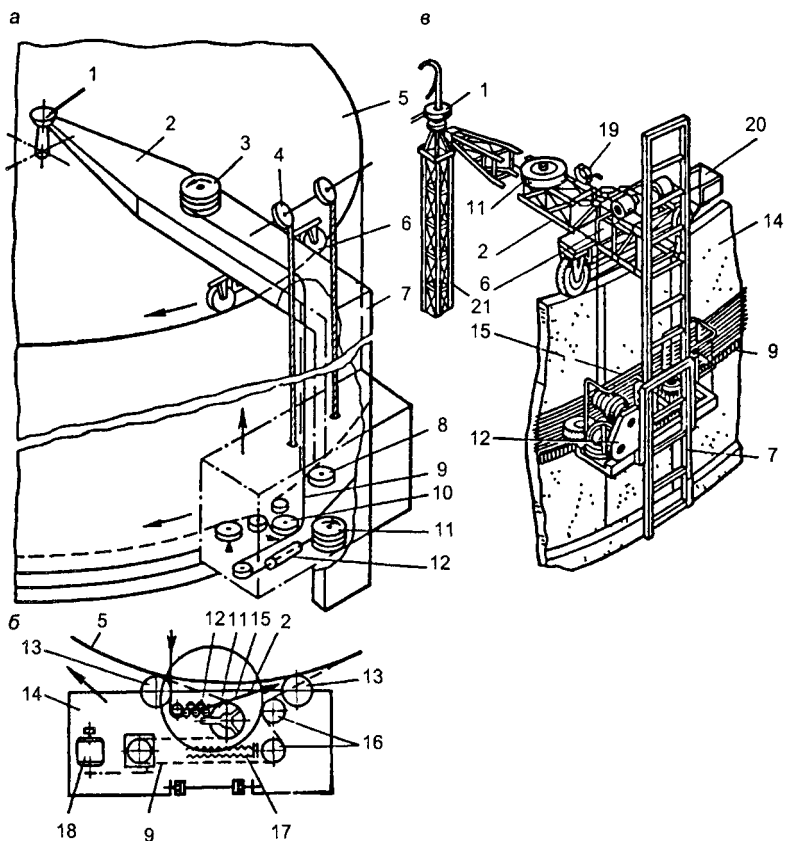


Рис. 13.4. Навивка предварительно напряженной кольцевой арматуры на стены цилиндрических сооружений:

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 — катки тележки, 14 — подвесная (нижняя) тележка с навивочным устройством, 15 — напрягаемая арматура, 16 — направляющие ролики, 17 — натяжное устройство, 18 — электродвигатель, 19 — станок для сращивания проволоки, 20 — место машиниста, 21 — стойка

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. Удобоукладываемость смеси зависит от ее зернового состава и количества воды, которые назначаются в зависимости от характера и размеров бетонируемых 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 — подвижная, если 14–18 — 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.

Удобоукладываемость (жесткость) смеси определяется на техническом вискозиметре и составляет: более 200 с — для особо жестких; 30–200 — для жестких; 15–30 — для малоподвижных смесей

По прочности на сжатие, согласно СНиПу, установлены следующие классы тяжелых бетонов В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60.

Соотношение между классами и марками приведено в табл. 13.1.

По водонепроницаемости установлены марки W2; W4; W8; W10; W12

По морозостойкости для тяжелого бетона установлены марки F50; F75; F100; F150. Для напрягающего и мелкозернистого — 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 применяется 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 приобъектных инвентарных (передвижных)

**СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ КЛАССАМИ БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ
И МАРКАМИ**

Класс бетона по прочности (В)	Средняя прочность бетона данного класса МПа (кгс/см ²)	Ближайшая марка бетона по прочности (М)
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

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. 13.5, 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. 13.5, б) подъем происходит дважды. Наиболее компактны и экономичны башенные установки, но из-за значительной высоты (до 35 м) усложняется их монтаж.

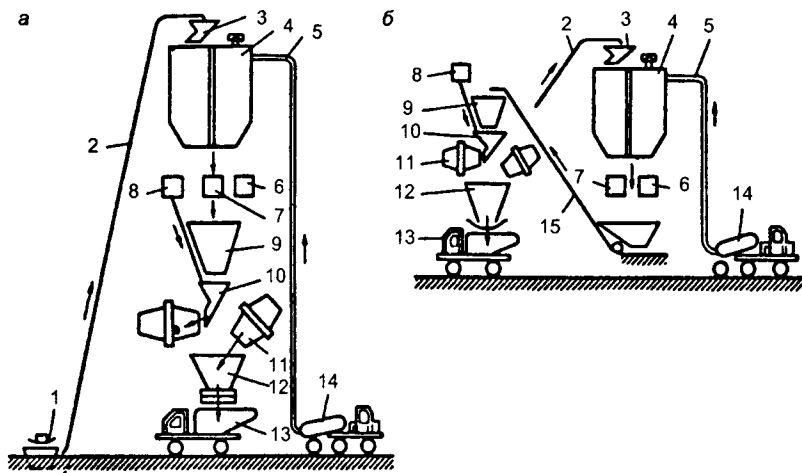


Рис. 13.5. Схемы компоновки бетоносмесительных заводов и установок:

а — одноступенчатая (вертикальная, или башенная); б — двухступенчатая (партерная); 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

13.4. 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 расстояние 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 мульдобразной формы. Ими стало возможно перевозить смеси на расстояние до 25–30 км, причем без расплескивания ее и вытекания цементного молока. Но наиболее эффективным средством транспортирования являются автобетоносмесители, или миксеры, которые загружаются 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°С. Выпускаются автобетоносмесители вместимостью по готовому замесу от 3 до 10 м³. Дальность перевозки сухих компонентов смеси в автобетоносмесителях технологически не ограничена. Перемешивание их с водой обычно начинается за 30–40 мин до прибытия на объект. В автобетоносмесителях (миксерах) выгодно перевозить также готовые бетонные смеси вследствие имеющейся возможности их побуждения в пути за счет вращения барабана.

Доставленную на объект смесь подают в бетонизируемые конструкции кранами в неповоротных или поворотных бадьях или ленточными конвейерами (транспортерами), бетононасосами и пневмонагнетателями (по трубам), звеньевыми хоботами и виброхоботами, ленточными бетоноукладчиками. *Поворотные бадьи* вместимостью 0,5–8 м³ загружают непосредственно из самосвалов или бетоновозов, причем при вместимости бадей 0,5 м³ – по четыре сразу (рис. 13.6, а), а бадьи на 1,5...8 м³ загружают из бетоновозов, вместимость кузова которого равна или кратна вместимости бадьи сразу (рис. 16.6, 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 воронки. Но конвейеры в процессе бетонирования необходимо часто переставлять.

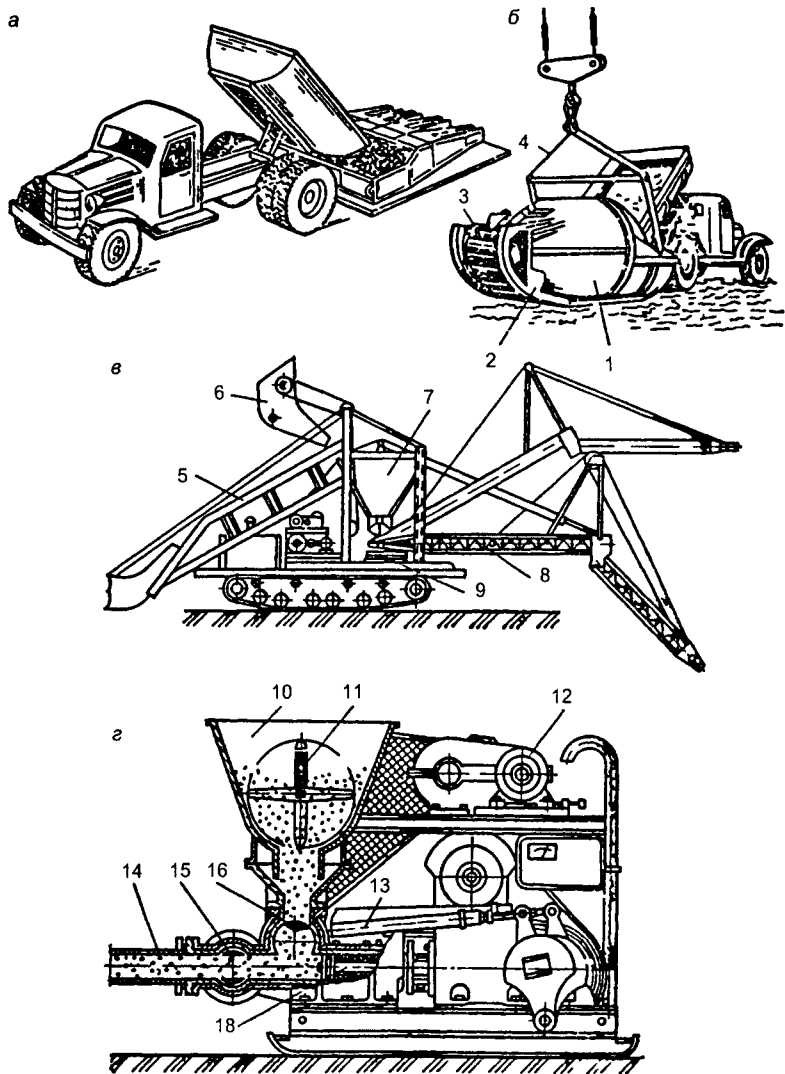


Рис. 13.6. Средства для подачи и распределения бетонной смеси:

1 — бады 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

Поэтому более эффективны в этом отношении самоходные ленточные *бетоноукладчики*, смонтированные на базе трактора (рис. 13.6, в), оборудованные скиповым подъемником и ленточным конвейером длиной до 20 м. *Бетононасосы* (рис. 13.6, г) применяют для подачи смеси в любые виды конструкций, расположенных в стесненных условиях и в местах, не доступных для других средств транспорта. Промышленностью выпускаются бетононасосы с механическим приводом с подачей 10 м³/ч и с гидравлическим приводом на 20–30 м³/ч при подаче ими смеси по стальному разъемному трубопроводу (бетоноводу) на расстояние по горизонтали до 300 м и по вертикали до 50 м. Пневмонагнетатели 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 м³/ч. Для подачи и распределения смеси непосредственно на месте укладки в качестве средства вертикального транспорта (при высоте 2–10 м) применяют *хоботы*, представляющие собой трубопровод из конусных металлических звеньев и верхней воронки. Применяют также *виброхоботы*, представляющие собой звеньевой хобот с вибратором. На загрузочной воронке вместимостью 1,6 м³ и секциях виброхобота диаметром 350 мм через 4–8 м устанавливают вибраторы-побудители, а также гасители.

Подачу и распределение бетонной смеси в конструкции на расстоянии до 20 м с уклоном к горизонту 5–20° обеспечивают *виброжелобами* в сочетании с *вибропитателем* вместимостью 1,6 м³. Им можно укладывать смеси до 5 м³/ч при угле наклона 5°, а при угле 15° – до 43 м³/ч.

Качество бетонируемых 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 бетонируемой конструкции.

Способы укладки смеси. Смесь укладывают горизонтальными слоями толщиной 30–50 см по всей площади бетонируемой 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 *электровоздеходы*, приводимые в движение питающим электрокабелем. Их производительность при разравнивании смеси достигает 100 м³/ч (см. далее рис. 13.7, з). Если размеры бетонируемого блока не позволяют

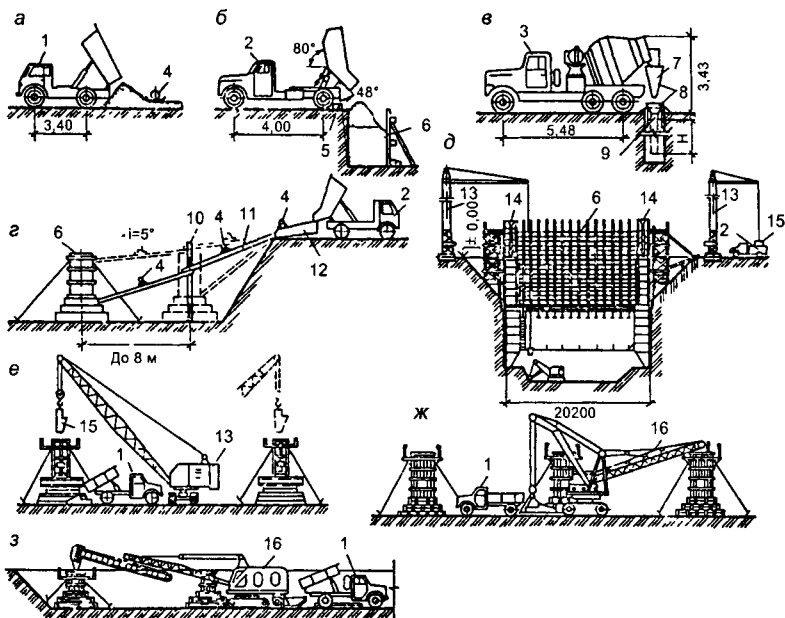


Рис. 13.7. Способы укладки бетонной смеси:

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 хобот; 15 — самоходные бетоноукладчики

применить микробульдозеры, то смесь распределяют вручную лопатами. 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. 13.7, а–в), т. е. наиболее простым способом. При невозможности такой укладки смесь в конструкцию подают с помощью вибропитателя и виброжелобов (рис. 13.7, г). В массивные и больше 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. 13.7, *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. 13.7, *ж*) и телескопической (рис. 13.7, *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 м, снабженной бетоноводом диаметром 125 мм. АБН можно подавать смесь на расстояние до 400 м и высоту до 80 м. Им особенно удобно подавать смесь в высокорасположенные (рис. 13.8, *а*) или отдаленные (рис. 13.8, *б*) конструктивные элементы при загрузке смесью из автобетоносмесителей.

Для бесперегрузочной укладки смеси используют также пневмонагнетатели (рис. 13.9, *а*), работающие от компрессора. При необходимости торкретирования бетонизируемого сооружения смесь укладывают способом пневмонабрызга с помощью компрессора и бетоншприц-агрегата (рис. 13.9, *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 (см п 6 3). Глубинные вибраторы выполняются с погруженным в бетонную смесь и передающим ей колебания вибронаконечником

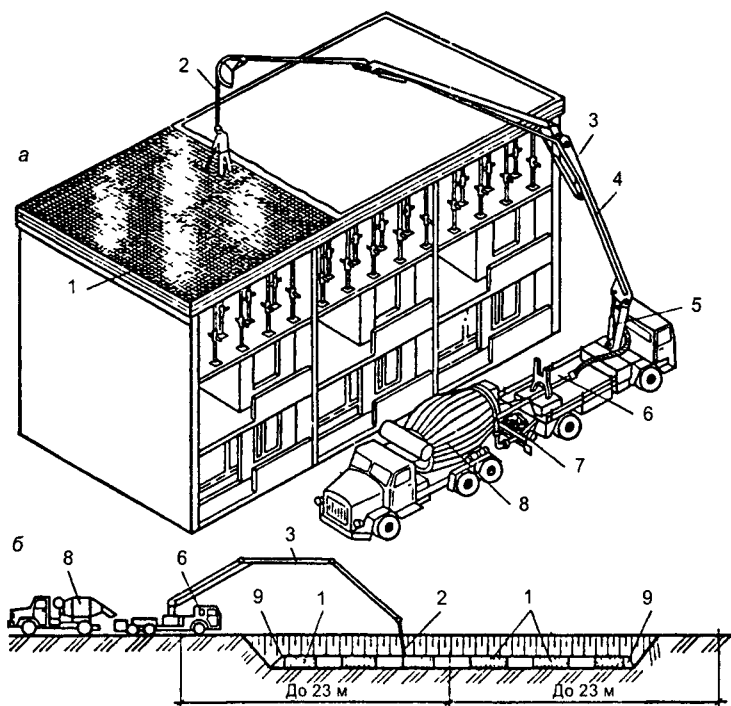


Рис. 13.8. Укладка бетонной смеси автобетононасосами:

1 — укладка бетона, 2 — рукав, 3 — шарнирная стрела, 4 — бетоновод, 5 — гидроцилиндр, 6 — автобетононасос, 7 — приемный бункер, 8 — автобетоносмеситель, 9 — опалубка

(рис. 13.10, а) или корпусом (рис. 13.10, б). Глубинными вибраторами смесь уплотняют путем вертикального или наклонного погружения вибронаконечника или корпуса в уплотняемый слой. При уплотнении 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 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 опускных колодцев береговых водозаборов, для уплотнения

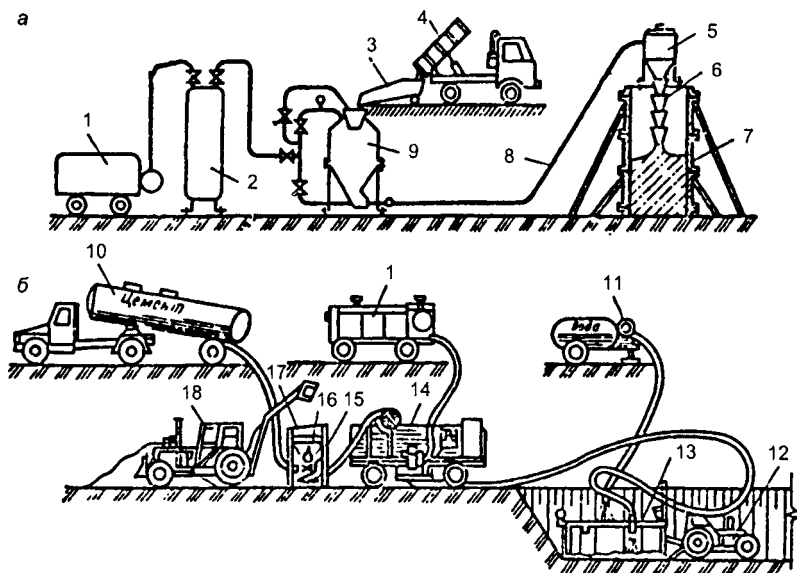


Рис. 13.9. Укладка бетонной смеси пневмонагнетателями:

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

смеси применяют малогабаритные электротракто́ры, оборудованные вибропакетами из четырех подвесных глубинных вибраторов (см. рис. 13.10, г). Бетонную смесь при этом подают автобетоновозом и распределяют электротрактором с отвалом.

Поверхностные вибраторы, устанавливаемые на уложенную бетонную смесь, передают ей колебания через рабочую площадку (см. рис. 13.10, 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 полосами, перекрывая границы уже провибрированного бетона на 10–20 см. Переставляя поверхностный вибратор проволоочным крючком, отрывая его от бетона. Для уплотнения и разравнивания горизонтальных слоев бетона небольшой толщины

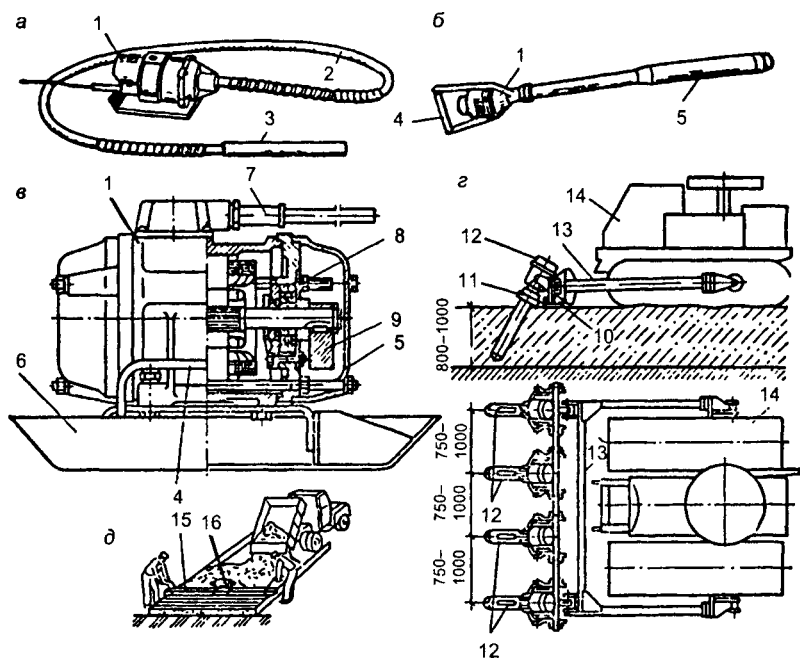


Рис. 13.10. Уплотнение бетонной смеси:

а — глубинным вибратором с гибким валом; б — ручным глубинным вибратором со встроенным электродвигателем; в — поверхностным вибратором; з — 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

(в плитах днища) наряду с поверхностными вибраторами применяют вибробрусы (рис. 13.10, д).

Вакуумирование бетона в целях его уплотнения осуществляется 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 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 и гибкие вакуумные маты, которые плотно прижимают к поверхности бетона и герметизируют по периметру.

Необходимый для отсоса из бетона воды вакуум создают с помощью агрегатов, укомплектованных вакуум-насосами или компрессорами.

Процесс вакуумирования заключается в следующем: на поверхность свежеложенного 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 м² бетонной поверхности за 1 цикл вакуумирования.

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 свежее укладываемого бетона с ранее уложенным и уже твердеющим слабее, чем в однородном бетоне. В бетонируемых изгибаемых конструкциях рабочие швы располагают в местах наименьших значений перерезывающей силы, в колоннах их устраивают на уровне верха фундамента, у низа прогонов, балок или подкрановых консолей. 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, а 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 наносят 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 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ с относительной влажностью воздуха не менее 90 %. При нормальных ус-

ловиях 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 уход за бетоном организуют таких конструкций, как стволы водонапорных башен или оболочки градирен, которые защищают от быстрого высыхания в течение не менее 14 сут. 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.

13.5. 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, инъецирования и др.

Укладка смеси литьем возможна при применении бетонов повышенной подвижности, в частности с добавлением суперпластификаторов, являющихся химическими добавками (на основе меламиновой смолы или нафталинсульфокислоты). 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 бетонируемых 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.

При использовании данного метода уменьшается объем работ по перемешиванию материалов, упрощается технологическая схема работ, исключаются рабочие швы бетонирования, что увеличивает монолитность конструкций. К недостаткам 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. 13.9, б). Торкретирование применяют для повышения водонепроницаемости железобетонных емкостных сооружений, а также бетонирования тонкостенных конструкций в тех случаях, когда обычные способы бетонирования сложны или не обеспечивают нужной плотности бетона. Методом торкретирования исправляют дефекты в бетонных и железобетонных конструкциях.

Торкретирование с помощью цемент-пушки или набрызг-бетонирование бетон-шприц-машиной 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.

Инъекцирование (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 инъекцированию каналов приступают сразу после натяжения арматуры. Для инъекцирования готовят раствор на цементе марок 400–500, который подают в канал растворомасосом. Инъекцирование 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 «снизу вверх» после гидравлического испытания емкости.

13.6. ПОДВОДНОЕ БЕТОНИРОВАНИЕ

Методы подводного бетонирования применяют для возведения подводных частей сооружений, например затопленных оголовков русловых водозаборов, днищ их опускных колодцев и насосных 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, утрамбовыванием 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. 13.11, а, б). Бетонирование этим методом можно производить при глубине воды до 50 м и толщине укладываемого слоя бетона не менее 1 м. Подводную конструкцию (блок, захватку) методом ВПТ бетонируют непрерывно до уровня, превышающего проектную отметку на величину, равную 2% высоты конструкции, но не менее чем 20 см.

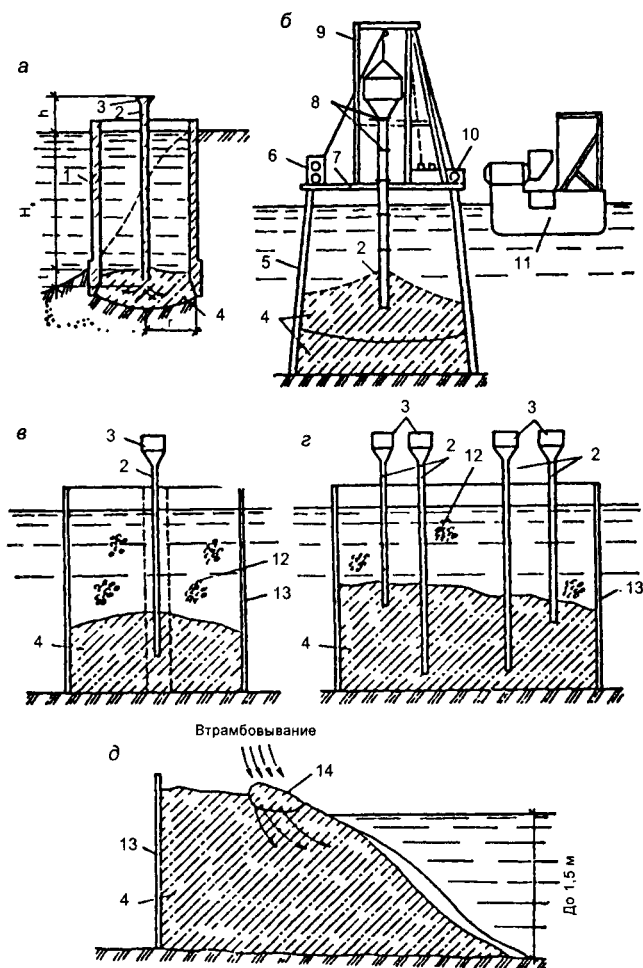


Рис. 13.11. Методы подводного бетонирования конструкций:

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 утрамбовывания бетонной смеси; 1 — опускаемый колодец; 2 — заливочные трубы; 3 — воронка; 4 — свежее уложенная 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 восходящего раствора (ВР), или методом раздельного 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. 13.11, в); напорное бетонирование (инъекционный метод), когда установленные в блоке трубы засыпаются крупным заполнителем и распространение раствора обеспечивается давлением, создаваемым массой столба раствора в трубах или растворонасосом (рис. 13.11, г); напорное бетонирование с вибрацией (вибронагнетательный метод), когда распространение раствора в пустотах заполнителя обеспечивается давлением, создаваемым растворонасосом, и воздействием вибраторов, устанавливаемых отдельно от заливочных труб на расстоянии, не превышающем радиуса действия этих труб.

Бетонирование укладкой бетона бункерам (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.

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 утрамбовывают в ранее уложенные, но еще не схватившиеся (рис. 13.11, д). Таким образом, с водой соприкасается только бетон, а утрамбовываемая смесь остается изолированной от воздействия воды. Для укладки бетона в мешках применяют мешки, на $\frac{2}{3}$ заполненные бетонной смесью. Работы выполняют водолазы, которые укладывают мешки перевязку.

13.7. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ НА МОРОЗЕ И В УСЛОВИЯХ 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 определяются 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 применяется 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. При данном способе применяют быстротвердеющие портландцементы, а также портландцементы высоких марок (не ниже 400), которые не только быстро набирают прочность, но и выделяют при твердении значительное количество воды.

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 неутепленной 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.

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 источников 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 бетонируют с прогревом полосовыми электродами, закрепленными на накладных деревянных щитах (рис. 13.12, 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. 13.2, ж) применяют для обогрева тонкостенных и среднемассивных конструкций (с любой степенью армирования) при температурах наружного воздуха до -40°C . Для обогрева конструкций типа днищ емкостных сооружений применяют инвентарные термоактивные гибкие покрытия (ТАГП): сборно-разборное (см. рис. 13.12, б), цельноклееное (рис. 13.12, в), с греющим проводом (рис. 13.12, з). При скоростном возведении вертикальных стен, например, водонапорных башен, градирен в скользящей опалубке применяют двухсторонний их обогрев с установкой термоактивного подвесного покрытия (ТАПП) (рис. 13.12, д).

Обогрев бетона паром или горячим воздухом. Обогрев паром применяют для конструкций с модулем поверхности больше 8–10. Этот

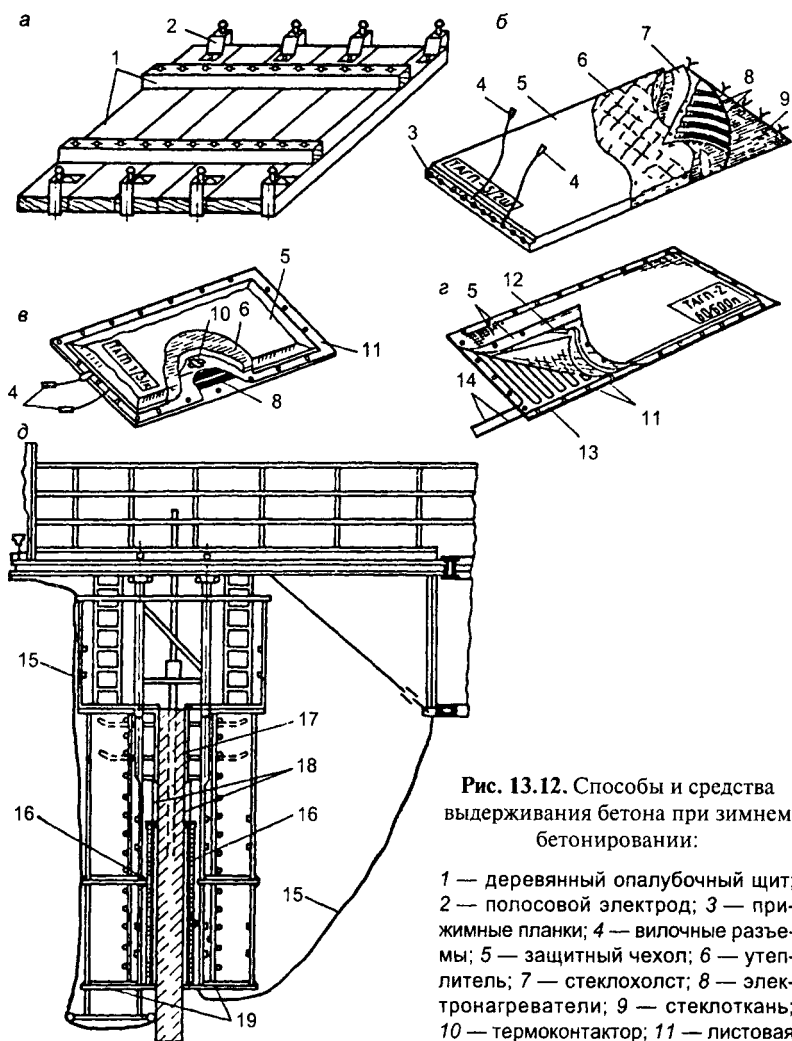


Рис. 13.12. Способы и средства выдерживания бетона при зимнем бетонировании:

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

способ прогрева обеспечивает благоприятные тепловлажностные условия для твердения бетона, однако требуется большой расход пара (до 2 т на 1 м³ бетона), а также устройство паровых рубашек, трубопроводов и т.п. Применяют следующие разновидности паропрогрева: прогрев в паровой бане, при которой 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 бетонирования.

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.

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 укладки 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°С) при температуре наружного

воздуха до 40°С 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). 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 $\frac{2}{3}$ 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 избегать 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.

Перед укладкой смеси внутреннюю поверхность опалубки следует увлажнять. Формирующую поверхность опалубки 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 многократную ее перегрузку 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 бадьях большой емкости. При этом свободное падение смеси не должно превышать 1,5–2 м.

Процесс бетонирования желателен вести непрерывно.

Важное значение при бетонировании в условиях сухого и жаркого климата имеет своевременный и тщательный уход за бетоном. С этой целью открытые поверхности свежееуложенного бетона надо покрывать мешковиной, рогожами, брезентом; после укладки бетон через каждые 3–4 часа надо увлажнять.

Там, где имеются условия, например, при бетонировании подготовки или днища 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» безвлажные методы ухода за бетоном, в том числе твердение бетона под специальными, воздухонепроницаемыми 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. 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.

13.8. 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 опалубки к укладке бетонной смеси; приготовление и транспортировку смеси; укладку, уплотнение и уход за бетоном в процессе его твердения.

Все исходные материалы должны отвечать требованиям ГОСТа. 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 СНиПе. 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 образования 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 плотномеры.

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 метантенки – на утечку воздуха.

Особые меры контроля качества применяют при выполнении бетонных работ в зимнее время. Так, в процессе приготовления смеси через каждые 2 ч проверяют: отсутствие льда, смерзшихся комьев в необогреваемых заполнителях, подаваемых в бетоносмеситель, при приготовлении смеси с противоморозными добавками, температуру воды и заполнителей перед загрузкой; концентрацию солей; температуру смеси на выходе из бетоносмесителя. При транспортировании смеси один раз в смену проверяют выполнение мер укрытия, утеп-

ления 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 наледей на поверхности основания, арматуры и опалубки, следят за соответствием теплоизоляции опалубки, а при необходимости отогрева – 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 $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$.

13.9. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ

При установке опалубки в несколько ярусов каждый последующий ярус устанавливают только после закрепления нижнего. Разбирать опалубку после достижения бетонов заданной прочности можно с разрешения производителя работ. Заготавливать и обрабатывать арматуру необходимо в специально предназначенных для этого и соответственно оборудованных мастерских или цехах. При выполнении работ по натяжению арматуры в местах прохода работающих необходимо

установить защитные ограждения высотой не менее 1,8 м. Монтаж, демонтаж и ремонт бетонопроводов, а также удаление из них пробок бетона допускаются только после снижения давления до атмосферного. Ежедневно перед началом укладки бетона в опалубку необходимо проверять состояние ее и подмостей и в случае обнаружения неисправностей их следует незамедлительно устранить. Рабочие, укладывающие бетонную смесь на поверхности, имеющей уклон более 20° (конусные днища отстойников), должны пользоваться предохранительными поясам. При уплотнении смеси электровибраторами перемещать их за токоподводящие шланги не допускается, а при перерывах в работе и переходах с одного места на другое вибраторы следует выключать. Зона электропрогрева бетона должна быть ограждена, иметь световую сигнализацию и знаки безопасности. Пребывание людей и выполнение ими каких-либо работ в этой зоне без ответственных средств защиты не допускается.

ГЛАВА 14. ПРОЦЕССЫ КАМЕННЫХ РАБОТ

14.1. 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.

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. 14.1, а, б.

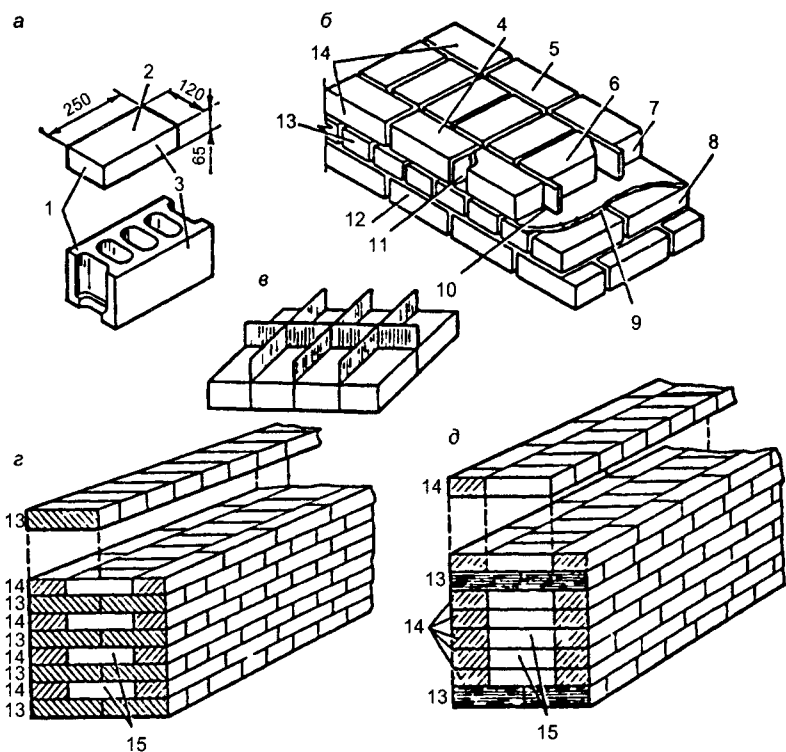


Рис. 14.1. Элементы кладки, правила разрезки и системы перевязки кирпичной кладки:

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; 15 — забутка

14.2. 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, их в кладке необходимо укладывать друг на друга так, чтобы они соприкасались возможно большей площадью

(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. 14.1, *в*), предусматривающих определенное расположение ее рядов, разделение каждого ряда на отдельные камни и размещение швов в соседних рядах кладки.

Система перевязки швов – этот порядок укладки кирпичей (каменной) 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. 14.1, *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 $\frac{1}{4}$ кирпича, а продольные – на $\frac{1}{2}$ кирпича (рис. 14.1, *г*). Таким образом, все вертикальные швы нижнего ряда при такой перевязке перекрываются кирпичами вышележащего, в чем и состоит ее преимущество.

При многорядной перевязке кладка состоит из отдельных стенок толщиной на $\frac{1}{2}$ кирпича (120 мм), сложенных из ложков и перевязанных через несколько рядов по высоте тычковым рядом (рис. 14.1, *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. 14.1, *б*). 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.

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 мож-

но 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 кг/м^3 , и легкие (теплые) с плотностью менее 1500 кг/м^3 . Марки растворов по прочности на сжатие (кг/см^2) принимаются: для обычных условий – 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200; в зимних условиях применяют растворы следующих марок по морозоустойчивости: 10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200 и 300.

Приготовление растворов, как правило, осуществляется на централизованных бетонорастворных или растворосмесительных заводах или установках (узлах). Растворы готовят механизированным способом в стационарных растворосмесителях принудительного перемешивания с вместимостью барабанов 330–1500 л. Для приобъектных установок используют передвижные смесители с вместимостью барабанов (по выходу готовой смеси) 65–325 л. Раствор в ходе каменной кладки следует использовать до начала схватывания при периодическом его перемешивании.

14.3. 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 расстиление его под наружную версту; укладку наружной версты; расстиление раствора под внутреннюю версту и укладку внутренней версты; расстиление 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 *вприжим* 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 *вприсык* используют 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 загребает гранью кирпича, который затем переводит в горизонтальное положение, осаживает и прижимает к ране 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 *вполуприсык* 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, или смешанный способы укладки. Порядный способ (рис. 14. 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 ряда наружных верст, может опираться на нижние ступени кладки (рис. 14.2, б).

Кладка стен и углов. Кладку стен из кирпича начинают с закрепления угловых и промежуточных порядовок, 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 порядовок по ним выкладывают маяки. После установки порядовок, кладки маяков и натяжки причалки приступают непосредственно к кладке стены. Раскладывают кирпи-

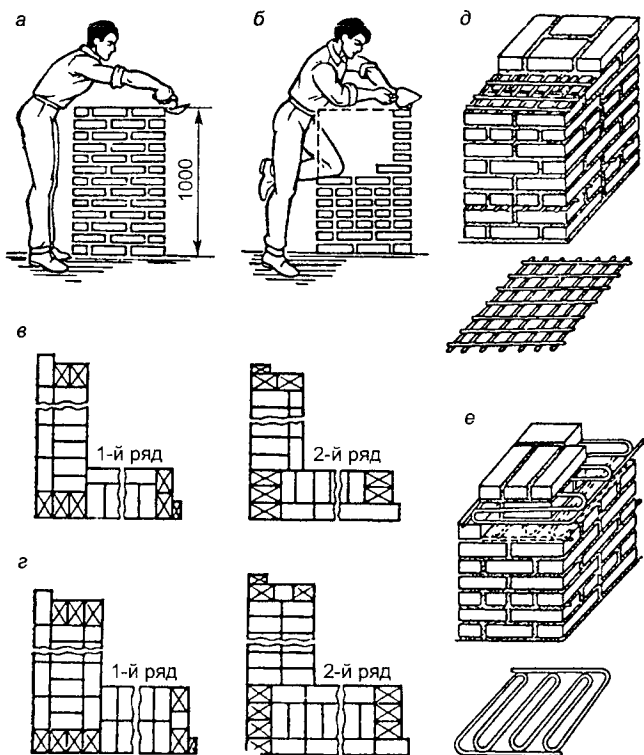


Рис. 14.2. Виды кирпичной кладки

чи 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. 14.2, 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. 14.2, *д*) и зигзагообразной (рис. 14.2, *е*) форм при диаметре стержней 3–8 мм.

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 (деланка) 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. 14.3, *б*).

При кладке кирпичных стен поддоны с кирпичом (рис. 14.3, *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 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. 14.3, *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 м³ 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. 14.3, *а*), а для подъема кирпича на поддонах применяют захваты — футляры (рис. 14.3, *в*, *з*). Для приема раствора, его перемешивания и выдачи используют соответствующие установки эстакадного (*и*) и безэстакадного (*к*) типа.

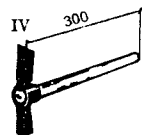
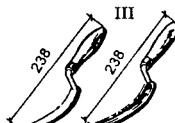
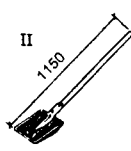
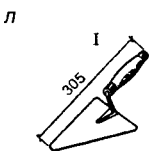
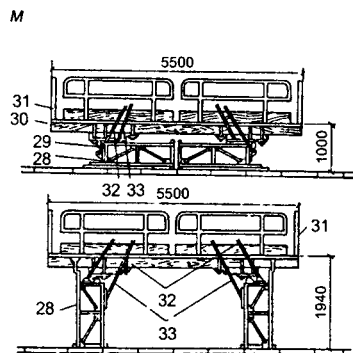
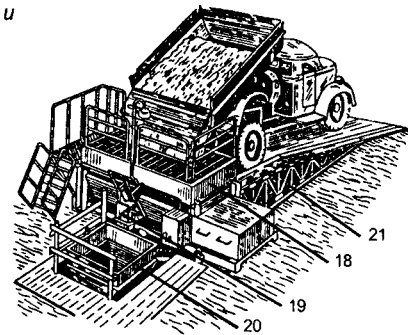
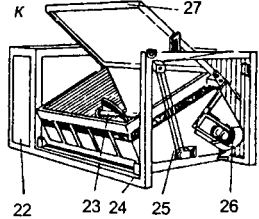
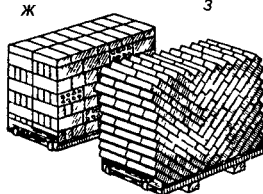
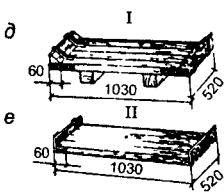
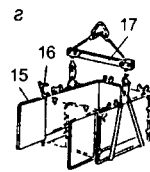
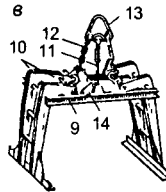
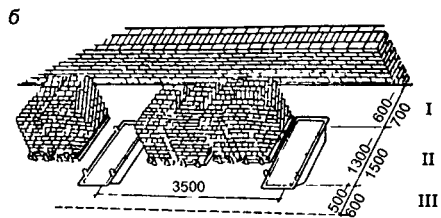
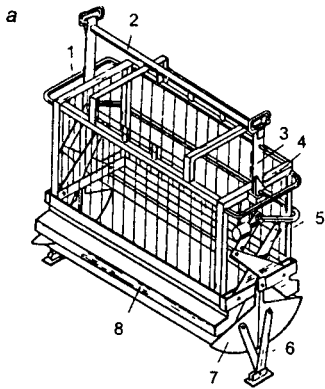
К основным инструментам каменщиков относятся кельма, растворная лопата, расшивки и молоток-кирочка (рис. 14.3, *м*, I, II, III, IV).

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. 14.3, *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 патрубки.

Организация труда каменщиков. Процесс кладки, состоящий из многих операций, выполняется звеном из двух-шести каменщиков. Звенья каменщиков в зависимости от количественного состава называют соответственно 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.



14.4. 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 расщебенивают. При наличии грунтовых вод внешнюю поверхность колодцев и камер оштукатуривают цементным раствором на высоту 0,5 м и выше уровня этих вод.

Рис. 14.3. 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

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.

14.5. БУТОВАЯ И БУТОБЕТОННАЯ КЛАДКА

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. 14.4 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, расщепенкой 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 является: *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 ровного бутового или булыжного 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. *Кладка с виброуплотнением* выполняется с применением площадочного вибратора для уплотнения каждого слоя залитого раствора. Кладку производят в опалубке или в распор со стенками траншеи.

Бутовая кладка в водопроводном строительстве применяется 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 утапливают бутовые камни «изюм» при объеме их до половины общего объема кладки. Поперечный размер камней не должен превышать $\frac{1}{3}$ ширины возводимой

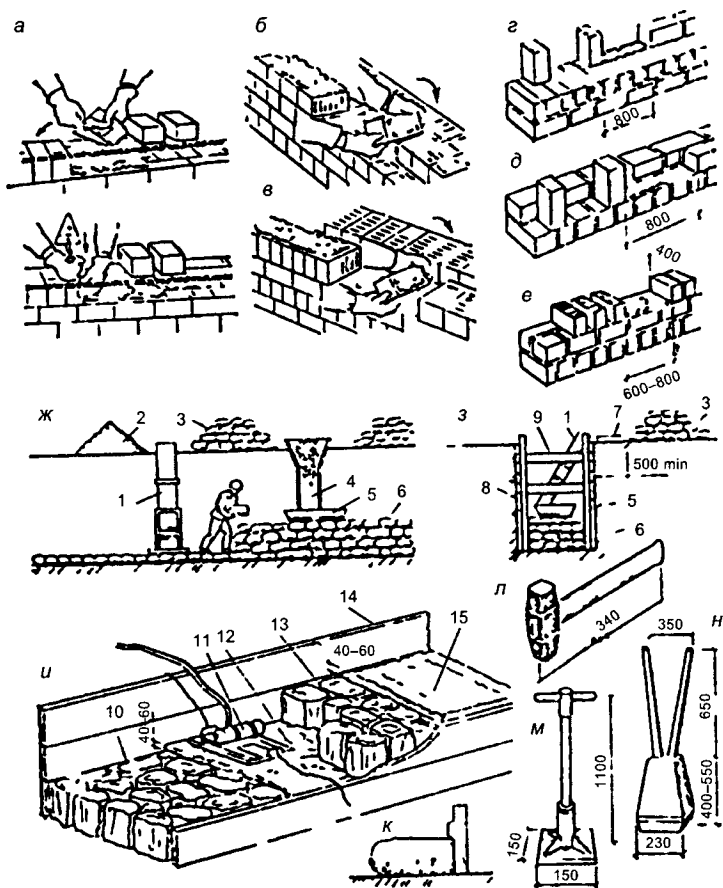


Рис. 14.4. Кладка из керамических, бетонных и природных камней:

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 — бутовая 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 — бутовый 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

конструкции. Булыжный камень можно применять нерасколотым. Бетонную смесь и камни укладывают последовательно горизонтальными слоями.

14.6. 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 отогревании 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. Марку раствора подбирают исходя из температуры воздуха в момент кладки. Он к месту кладки должен подаваться в подогретом состоянии (от +5 до +15°С при морозе от –10 до –20°С).

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 затвердения 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. Применять растворы с добавками 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°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. **Кладка в тепляках** используется в исключительных случаях, когда ее переохладение не допускается.

14.7. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ КАМЕННЫХ РАБОТ И ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ИХ ВЫПОЛНЕНИИ

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 допускаемых значений, указанных в СНиПе (табл. 14.1).

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 (рисунк, расшивка швов, подбор кирпича для наружной версты). В сухую, жаркую и ветреную 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.

Если отклонения превышают допустимые значения, вопрос о возможности продолжения работ решают совместно с проектной

Таблица 14.1

Допустимые отклонения, мм, в каменной кладке (согласно СНиПу)

Отклонения	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

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. 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 опреде-

ляют 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.

Основные требования охраны труда при каменной кладке заключаются в следующем.

Перед закладкой каменных фундаментов необходимо проверить устойчивость откосов, траншей и котлованов, прочность распорок. Каменщик должен работать в каске, рукавицах или напальчниках. Кладку стен следует вести с междуэтажных перекрытий и с инвентарных подмостей. Леса и подмости необходимо устанавливать на деревянные подкладки, расположенные перпендикулярно возводимой стене (одна подкладка под две стойки). Леса и подмости нельзя перегружать материалами, зазор между стеной и настилом подмостей не должен превышать 5 см. Все настилы лесов и подмостей высотой более 1,1 м ограждают перилами. За состоянием всех конструкций и узлов соединений лесов и подмостей устанавливают систематическое наблюдение и контроль.

После каждого перемещения средств подмащивания уровень кладки должен быть не менее чем на 0,7 м выше уровня рабочего настила или перекрытия. Вести кладку наружных стен толщиной до 0,75 м, стоя на стене, запрещается. При толщине стен более 0,75 м разрешается производить кладку со стены, но с применением предохранительных поясов, закрепленных за специальные страховочные устройства. Не допускается продолжать кладку стен последующего этажа здания без установки несущих конструкций междуэтажного перекрытия. При кладке стен высотой более 7 м по периметру здания устанавливают защитные козырьки. Рабочие, занятые на установке, очистке или снятии защитных козырьков, должны работать с предохранительными поясами. Ходить по козырькам, использовать их в качестве подмостей, а также укладывать на них материалы не допускается.

Для каменных конструкций, выполненных способом замораживания, должны быть определены способы их оттаивания (искусственный или естественный) и разработаны мероприятия по обеспечению устойчивости и прочности конструкций в период оттаивания и набора прочности. В этот период в здание не допускаются лица, не участвующие в мероприятиях по обеспечению устойчивости указанных конструкций.

ГЛАВА 15. ПРОЦЕССЫ МОНТАЖА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

15.1. 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 конструкции. 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 применяется 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 используется при строительстве как подземных, так и наземных сооружений. Он позволяет максимально механизировать сборочные работы и устройство стыков, сократить трудоемкость и продолжительность монтажа, полнее использовать грузоподъемность монтажных кранов, уменьшить объем вспомогательных работ.

Метод монтажа целыми сооружениями предусматривает предварительную сборку у места монтажа самого сооружения с устройствами стыков и выдерживанием до приобретения проектной прочности. Далее полностью готовое сооружение поднимают и ус-

танавливают 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; **подращивания**, когда сначала монтируют конструкции верхнего яруса или этажа и затем их поднимают на некоторую высоту, после ведут монтаж следующего нижерасположенного, который поднимают и соединяют с верхним и т.д., пока не будут смонтированы все ярусы или этажи здания.

В зависимости от приемов монтажа, обеспечивающих необходимую степень свободы и очередность установки элементов в проектное положение, различают методы: **свободный, принудительный, 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.

Принудительный 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 краном 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 используются 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 подращивания также способы монтажа конструкций: подъемом со сложным перемещением; поворотом; поворотом со скольжением; надвижкой; вертикальным подъемом и опусканием; навесной сборкой.

15.2. 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

$$N = T_{\text{тр}} / T_{\text{р}},$$

где $T_{\text{тр}}$ – продолжительность транспортного цикла; $T_{\text{р}}$ – 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.

15.3. 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, например, наземных зданий (насосных станций, водозаборов, зданий фильтров, реагентного хозяйства и т.п.) и 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. 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. 18 учебника (п. 18.3).

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 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. 15.1.

Требуемая минимальная грузоподъемность крана составит

$$G_k = m_z + m_{oc} + m_p,$$

где m_z – масса монтируемого элемента, т; m_{oc} – масса монтажной оснастки, т; m_p – масса грузозахватных устройств, т.

Для монтажа зданий наиболее подходят башенные или приставные, а также стреловые краны.

При монтаже здания башенным краном (рис. 15.1, а) вылет его крюка определяется по формуле

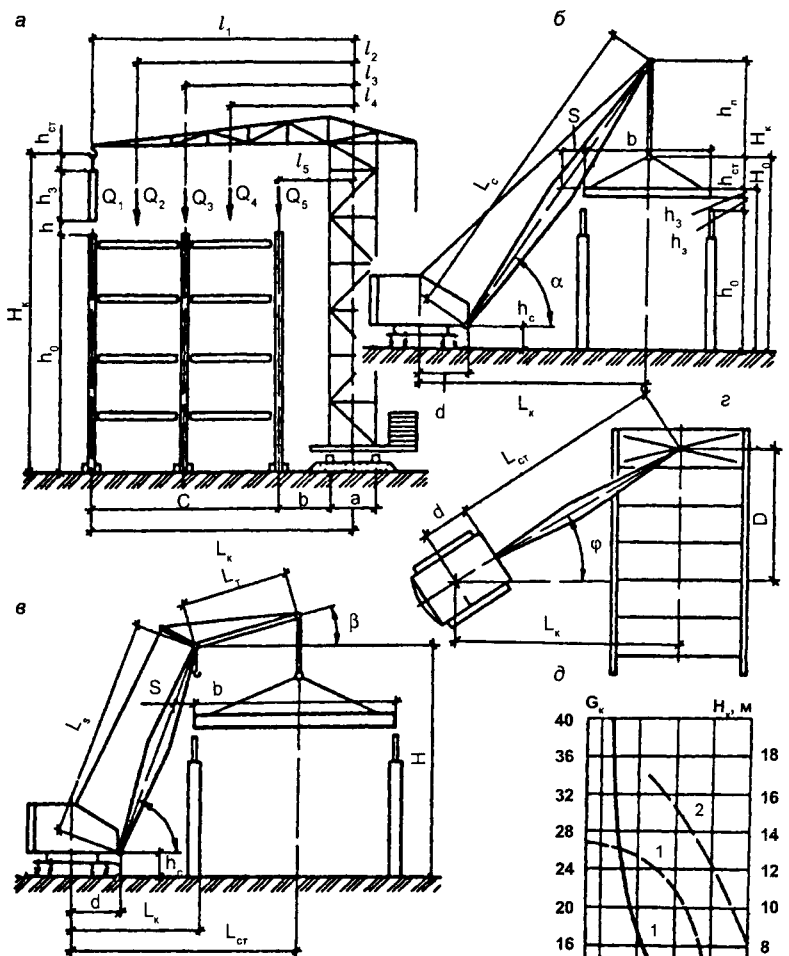


Рис. 15.1. К определению параметров при выборе монтажных кранов при монтаже зданий:

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)

$$L_k = a/2 + b + c,$$

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

$$H_k = h_0 + h_3 + h_3 + h_{ст},$$

где h_0 – превышение низа монтируемого элемента над уровнем стоянки крана, м; h_3 – 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; $h_{ст}$ – высота строповки в рабочем положении от верха монтируемого элемента до крюка крана, м.

При монтаже здания стреловым краном (рис. 15.1, б) необходимый вылет крюка определяют через длину стрелы (L_c)

$$L_k = L_c \cos \alpha + d,$$

где L_c – длина стрелы крана без гуська, м; α – 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) монтируемого элемента, м; α – указано в расшифровке 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, α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2(H_0 - h_c) / (b + 2S)}$$

Помимо определения вылета крюка при окончательном выборе крана надо проверить также достаточность размера грузового полиспаста:

$$h_n = [(b + 2S) / \cos \alpha] \sin \alpha - h_{cr},$$

где h_{cr} – высота строповки, м.

Полученное значение следует сравнить с величиной грузового полиспаста выбираемого крана (обычно $h_n = 1,5 \div 5,0$ м).

Для стрелового крана, оборудованного стрелой с гуськом (рис. 15.1, в), необходимые характеристики определяют следующим образом.

Наименьшая допустимая длина стрелы при $\beta = 0$

$$L_c = (H - h_c) / \sin \alpha,$$

где H – превышение оси вращения гуська над уровнем стоянки крана, м.

Вылет стрелы с гуськом

$$L_{cr} = (H - h_c) / \operatorname{tg} \alpha + L_r / \cos \beta + d,$$

где L_{cr} – 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 φ (рис. 15.1, з), 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 φ , 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 φ , определяют проекцию длины стрелы

$$L_{c\varphi} = L_k / \cos \varphi - d.$$

Так как разность $H_k - h_c$ остается неизменной, можно определить $\text{tg } \varphi$ по формуле

$$\text{tg } \varphi = (H_k - h_c + h_n) / L_{\text{сф}}.$$

Зная величину угла α_φ , можно определить минимальную длину стрелы крана L_φ для монтажа крайнего элемента

$$L_{\text{кф}} = L_{\text{сф}} + d.$$

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 ($B_{\text{соор}}$) не превышает 15 м ($B_{\text{соор}} < 15$ м), применяют I схему монтажа, при которой кран и транспортные средства в процессе работ передвигаются по берме котлована (рис. 15.2, а, I). В этом случае вылет крюка

$$L_k = 0,5B_k + 1,2mh + 0,5B_{\text{кр}},$$

где B_k – ширина котлована по дну; m – коэффициент крутизны его откоса; h – его глубина; $B_{\text{кр}}$ – ширина базы крана (колеи).

Для сооружений больших размеров, когда $B_{\text{соор}} > 15$ 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 ($B_{\text{соор}} > 15n$ 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:

$$L_{\text{к,мин}} = R_m + l + 0,5\delta_1,$$

где R_m – радиус поворота машинной платформы крана; l – просвет между краном и сооружением, м; δ_1 – толщина устанавливаемых конструкций.

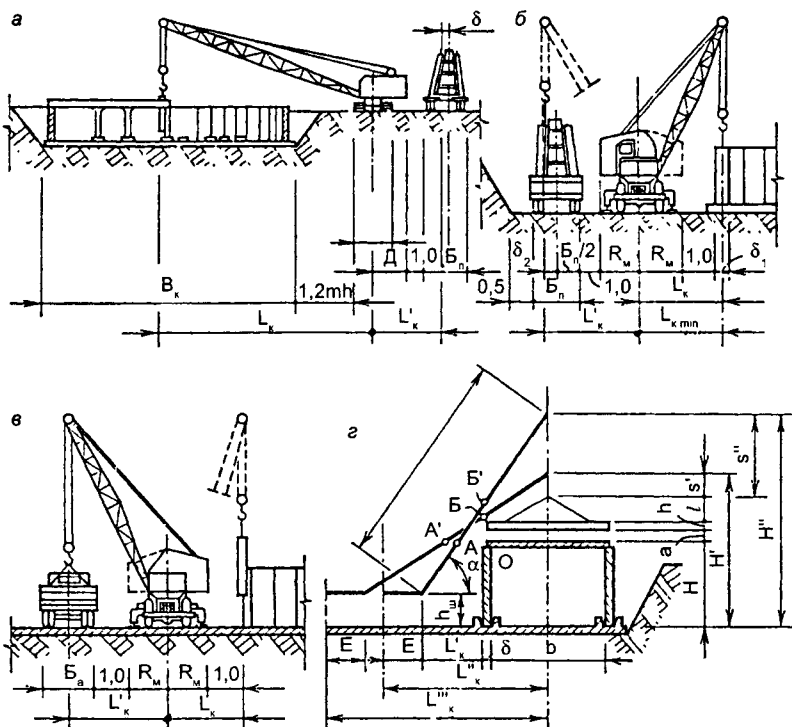


Рис. 15.3. Схемы определения вылета крюка крана и высоты его подъема при монтаже емкостных сооружений:

а — схемы движения крана при движении крана и транспортных средств по берме котлована; б — то же по дну котлована и доставке конструкций панелевозами; в — то же по днущу сооружения и доставке конструкций бортовыми машинами; г — положение стрелы, определяемое условием $OB' > OA = 1,5 \text{ м}$ и при $OA' > OB = 1,5 \text{ м}$

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

$$L'_k \geq L_{\text{к.мин}}$$

Вылет крюка должен быть достаточным для снятия элементов с транспортных средств. При доставке их панелевозами (рис. 15.2, а, б)

$$L'_x = \delta_2 + 0,5B_n + l + R_m,$$

здесь δ_2 – расстояние между осями панелевоза и доставленной, но еще не снятой с него панели; B_n – ширина базы панелевоза; l – свободный просвет между движущимися машинами (по условию безопасности), м.

Из вычисленных значений L_x и L'_x принимают большее. Если панели доставляются в лежачем положении на автомобилях (рис. 15.2, в),

$$L_x = 0,5B_a + l + R_m,$$

где B_a – ширина автотранспортных средств.

Полученные значения L_x 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

$$L'_x = E + l + \delta + 0,5b,$$

где E – расстояние между осью вращения платформы и шарнирного крепления стрелы крана; l' – расстояние от шарнира крепления стрелы крана и стеной монтируемого сооружения; δ – толщина стеновой панели; b – ширина секции (коридора, пролета) сооружения.

В стесненных условиях для лучшего использования грузоподъемности кран передвигают на предельно близком расстоянии к фронту монтажных работ, сохраняя $OA = 1,5$ м и увеличивая OB до предельно возможного значения, ограниченного длиной стрелы (точка B'). Монтаж легких конструкций можно производить на большом вылете крюка (L''_x). При этом сохраняют $OB = 1,5$ м, увеличивая до возможных пределов OA (точка A'). В обоих случаях вылет крюка определяют по схемам, вычерченным в масштабе (рис. 15.2, з).

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.

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. 15.2, з):

$$H' = H + \alpha + h + l + s',$$

где H – расчетная высота проектной опоры; α – свободный просвет между опорой и поднятым элементом (для емкостных сооружений принимается не менее 0,5 м); h – высота монтажного элемента; l – высота захваченных 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

$$N_{кр} = \sum P / (A \Pi_э),$$

где $\sum P$ – объем монтажных работ, подлежащих выполнению краном данного типа, м³, т; A – принятая сменность работы крана; $\Pi_э$ – 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, м³ конструкций.

Эксплуатационные расходы равны

$$\mathcal{E}_p = nC_{\text{м-см}} + \mathcal{Z}_p + H_p,$$

где n – число смен работы крана на объекте (здании, сооружении или трубопроводе); $C_{\text{м-см}}$ – стоимость машино-смены крана, руб. /смену; \mathcal{Z}_p – 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.

15.4. 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 зацепления или захвата, исключающую 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 на петли, которые затем при эксплуатации зданий и сооружений практически не нужны, расходуется большое количество арматурной стали, да и процесс стро-

повки 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 беспетлевой 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. 15.3.

Стропы могут быть универсальными и облегченными (рис. 15.3, а, б), по технологическому назначению — одно-, двух-, четырех- (рис. 15.3, в, г)

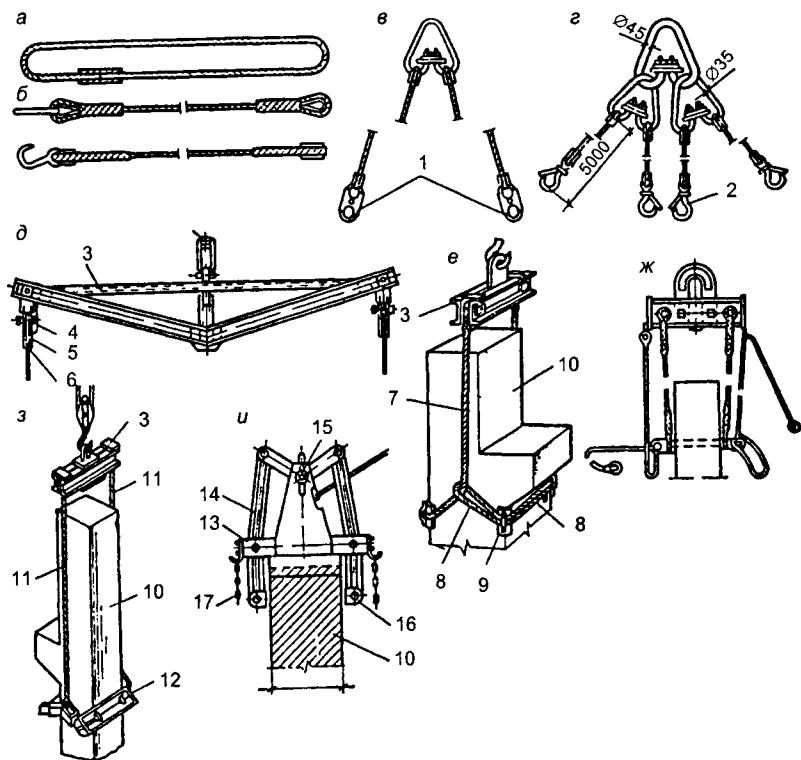


Рис. 15.3. Грузозахватные монтажные приспособления:

1 — карабины; 2 — крюки; 3 — траверса; 4 — кабель; 5 — электрозахват; 6 — коуш; 7 — облегченный строп; 8 — универсальный строп; 9 — подкладки; 10 — колонна; 11 — подвеска; 12 — щеки захвата; 13 — рама; 14 — рычаг; 15 — подвижный вал; 16 — прижимные башмаки; 17 — предохранительные цепи

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 большеразмерных конструкций (рис. 15.3, д), а также предварительно укрупненных плоских и пространственных блоков траверсы (рис. 15.3, 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. 15.3, ж), фрикционные (рис. 15.3, з) и рычажные (рис. 15.3, и) захваты.

15.5. 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 подразделяются 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 16. ПРОЦЕССЫ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

16.1. ШТУКАТУРНЫЕ РАБОТЫ

В водопроводно-канализационном строительстве отделочные работы (штукатурные, малярные и облицовочные) осуществляют при отделке наружных фасадов и внутренних помещений зданий водочистных 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 для 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, отрезки, 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, полутерки 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. 16.1, а). Раствор подают по инвентарным растворопроводам, которые могут быть однотрубными (тупиковыми и кольцевыми) (рис. 16.1, б). В помещениях раствор для обрызга, грунта и накрывки наносят ровным слоем на оштукатуриваемые поверхности с помощью форсунки (рис. 16.1, в, г). Разравнивают штукатурный слой, нанесенный по инвентарным маякам, правилом, а чаще всего малкой. Затирают поверхности специальными электрическими или пневматическими затирочными машинками.

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-волоконные листы шириной 1200–1300 мм и длиной

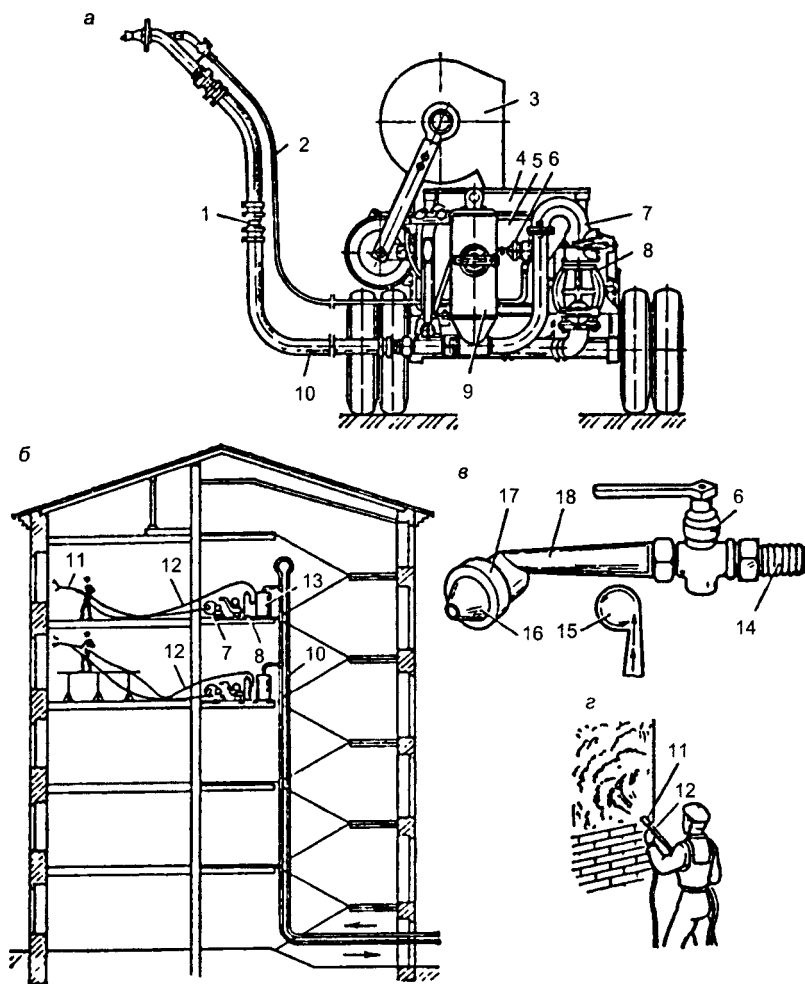


Рис. 16.1. Механизированные процессы нанесения штукатурных растворов:

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 — виброрито; 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 форсунку; 16 — сменный конус форсунки; 17 — гайка; 18 — патрубок

2500–3000 мм. Листы крепят к поверхности с помощью гипсоклеевой, пеногипсовой и других мастик. Перед креплением обшивочные листы насухо 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). Стыки 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 разделявают расшивками или шаблонами.

16.2. 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 средства (известковые, казеиновые, клеевые, силикатные) и безводные (масляные и синтетические). Виды малярных работ в основном определяются 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 зависи-

мости от высоты помещений окраску ведут с подмостей, малярных столиков или стремянки.

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 водоэмульсионными поливинилацетатными составами выполняют за два раза валиками, пистолетами-распылителями или маховыми кистями.

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. 16.2, а, б.

16.3. 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

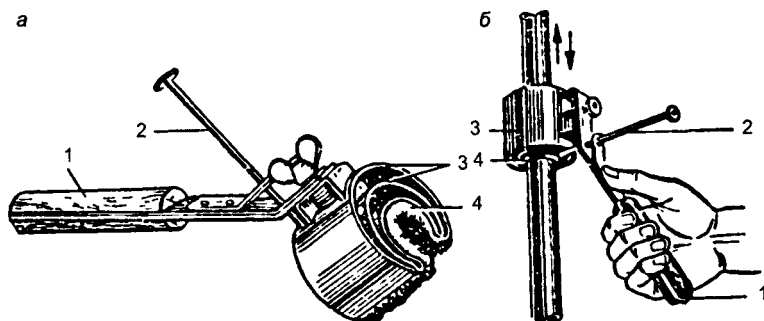


Рис. 16.2. Способы окраски труб:

а — приспособление для окраски труб; б — процесс окраски труб; 1 — ручка; 2 — рычаг; 3 — полумуфта; 4 — поролон

помещений этих зданий, особенно 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, древесноволокнистых облицовочных плит, фанеры и других материалов. Последние виды облицовок (начиная с древесноволокнистых 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 приклеивающей 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 поверх-

ности 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 рядов ее.

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.

16.4. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

В помещениях, где производятся отделочные работы в зимнее время, температура воздуха должна быть не ниже $+8^{\circ}\text{C}$ 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. Приготовление, транспортирование и хранение штукатурных растворов должно быть таким, чтобы раствор в момент нанесения его на поверхность имел температуру не ниже 8°C . Наряду с отоплением помещений, предназначенных для выполнения отделочных работ в зимний период, должны быть своевременно обеспечен обогрев и сушка подлежащих отделке конструкций.

Наружные отделочные работы в зимних условиях выполняют с соблюдением следующих требований. При температуре ниже 50°C штукатурные работы ведут с применением растворов, содержащих химические добавки, понижающие температуру замерзания раствора.

Для окраски фасадов применяют перхлорвиниловые, цементно-перхлорвиниловые и другие виды морозостойчивых окрасочных составов.

16.5. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ И ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ

Качество штукатурных, облицовочных и малярных работ должно удовлетворять требованиям СНиПа. 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.

Основные правила охраны труда при отделочных работах заключаются в следующем.

Средства подмащивания, применяемые для штукатурных, облицовочных и малярных работ, должны иметь настил без зазоров. При производстве штукатурных работ с помощью растворонасосов должна быть установлена надежная двухсторонняя связь между штукатуром-оператором и машинистом. В помещениях, где применяются нитрокраски и другие лакокрасочные материалы и составы, образующие взрывоопасные пары, запрещаются действия с использованием огня или вызывающие искрообразование. Тару со взрывоопасными материалами (лаки, нитрокраски и т.п.) во время перерывов в работе надо плотно закрывать. При выполнении малярных работ с применением составов, содержащих вредные вещества, необходимо соблюдать санитарные правила при окрасочных работах с применением ручных распылителей, утвержденных Минздравом РФ.

ГЛАВА 17. ПРОЦЕССЫ ЗАЩИТНЫХ (ИЗОЛЯЦИОННЫХ) И КРОВЕЛЬНЫХ РАБОТ

17.1. 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, клеечную 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.

17.2. ЗАЩИТА АРМАТУРЫ И БЕТОНА ОТ КОРРОЗИИ

Для предотвращения коррозии элементов зданий и сооружений применяют различные способы их защиты, основными из которых, реально выполнимых 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; шпатлевки 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 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, когда применяют пневматические или механические распылители. В этом случае, 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°C 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

держат на расстоянии 80–120 мм от металлизированной поверхности, причем под углом 75–90° к ней. Покрытие, выполненное в построчных условиях, целесообразно дополнительно покрыть 2–3 слоями лакокрасочных материалов для получения комбинированного металлизационно-лакокрасочного покрытия. Такие комбинированные защитные покрытия обладают высокой стойкостью и долговечностью и они применяются 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 через 3–5 лет повторять.

17.3. 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. 17.1, а).

Оклеечную гидроизоляцию, используемую при гидростатическом напоре до 30 м, выполняют послойным наклеиванием на поверхность

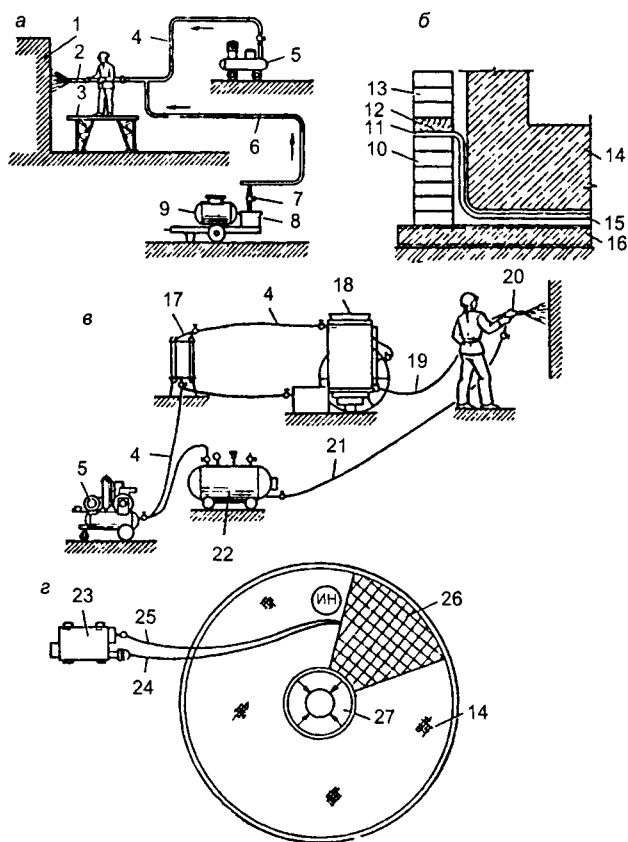


Рис. 17.1. Схема устройства различных видов гидроизоляции:

а — окрасочный; **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 $1\frac{1}{2}$ 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

гнилостойких рулонных или листовых материалов (гидроизол, изол, бризол, стеклоткани, дегтебитумные и гидрокамовые материалы, поливинилхлорид, винипласт, полиизобутилен, пленки из полиэтилена, полиамида, 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 вертикальные и наклонные более чем на 25° 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. 17.1, 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.

Штукатурная цементно-песчаная гидроизоляция применяется 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. 17.1, 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 технологическими приемами, 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 (подробнее см. п. 17.2).

17.4. ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДА И КАНАЛИЗАЦИИ

С внутренней стороны гидроизоляцию стен и днища резервуаров и других емкостных сооружений выполняют в основном путем торкретирования, железнения поверхностей цементно-песчаным раствором. Изолируемые бетонные поверхности вначале очищают, а в случае недостаточной шероховатости насекают 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 устанавливает 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 и разрушению 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 ограждающих конструкций в зонах периодического смачивания и подводной имеет существенные повреждения поверхностного слоя. Повреждения приводят к потере прочности защитного слоя на 10–40 %, обнажению арматуры, ее коррозии и увеличению водопроницаемости сооружений.

Обычно ремонт железобетонных конструкций очистных сооружений осуществляется нанесением (после расчистки поврежденного слоя стен и днища) дополнительного или заменой изношенного защитного слоя бетона методом торкретирования, то есть соплованием

жесткой мелкозернистой бетонной смеси (с достаточно большой скоростью) на поврежденную часть конструкции, в результате чего образуется прочное сцепление нового и старого бетона.

Гидроизоляцию стен и покрытия резервуаров, коллекторов, тоннелей и камер снаружи выполняют после их гидравлического испытания; если сделать ее до испытания, то затруднится не только обнаружение дефектов (течей) в ограждающих конструкциях, но и последующее их устранение (заделка). Наружную гидроизоляцию сооружений на основе битумных материалов выполняют окрасочной и оклеечной. Применяют также иногда окрасочную гидроизоляцию. Процесс нанесения битумной мастичной гидроизоляции днища радиального отстойника с помощью передвижной кровельной установки ПКУ-35М показан на рис. 17.1, 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.

17.5. 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 тела), 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 подразделяются 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 промышленную, монтируют из готовых сборных теплоизоляционных изделий заводского изготовления в виде плит, блоков, кирпича, скорлуп (получилиндров) 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.

17.6. КРОВЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Кровли бывают *рулонные*, устанавливаемые из рулонных материалов (рубероида, в том числе наплавляемого, толя, пергамина, стеклорубероида), *мастичные* – из нескольких слоев битумных эмульсионных мастик, армированных стеклохолстом или стеклотканью, *асбестоцементные* – из волокнистых асбоцементных листов и плоских плиток и др. При строительстве объектов водоснабжения и канализации применяют рулонные, мастичные и асбоцементные 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, гидроизол, 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, изол, гидроизол 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 наплавленного 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. 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.

Учитывая эти существенные недостатки традиционных способов восстановления водонепроницаемости рулонных кровель, специалистами Ростовского НИИ Академии коммунального хозяйства (АКХ) и Ростовского государственного строительного университета был предложен 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 обработке поверхности омолаживающим составом. Экспериментально установлено, что после тепловой обработки при температуре 180–240°C 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 покровным 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. 17.2). В него входят переносные гибкие поверхностные электронагреватели (ГПЭН) с температурой разогретой рабочей поверхности до 240°C (2 шт.) весом 9 кг каждый, специальное прикаточное устройство (каток) с двумя валиками, обеспечивающий давление прикатки до 0,5 МПа весом 53 кг, а также понижающий трансформатор весом 45 кг. В состав гибких электронагревателей ГПЭН входит токопроводящая углеграфитовая

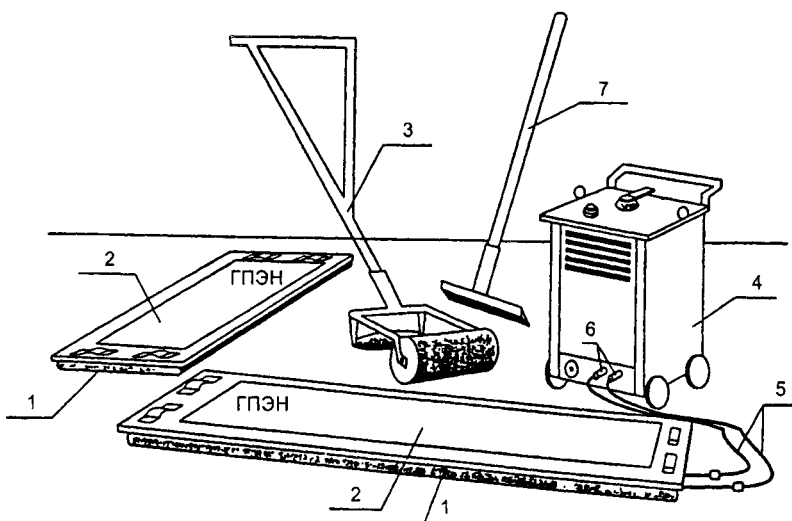


Рис. 17.2. Комплект оборудования для восстановления рулонных кровель способом регенерации битумных материалов:

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

ткань площадью по 1 м² в каждый. Основные технологические характеристики оборудования следующие: расход электроэнергии на 1 м² кровли – не более 1,0 кВт-ч; потребляемая мощность – не более 8 кВт; производительность – до 100 м² восстановленной кровли в смену; общая масса оборудования 135 кг; обслуживающий персонал – 2 чел.; продолжительность цикла ремонта – 8–25 мин.

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 открывает 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 мастик 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 трехсплового 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 разреженный 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.

17.7. 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 устраивать при температуре наружного воздуха ниже –20°C не допускается. Наклеивать рулонные материалы на основание и их приклеивать можно только после отогревания его до положительной температуры, очистки от снега и наледи, 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 целесообразно применять для рулонных кровель и наклеечных гидроизоляционных покрытий наплавляемый рубероид.

17.8. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ И КРОВЕЛЬНЫХ РАБОТ

При гидроизоляционных работах особенно тщательно соблюдают меры охраны труда при приготовлении и укладке горячих изоляци-

онных составов. Котлы для варки мастики должны быть оборудованы приборами для замера температуры мастики и плотно закрывающимися крышками. Разогретую мастику доставляют к рабочим местам, как правило, по битумопроводу или с помощью грузоподъемных машин в плотно закрытых баках. Поднимать их вручную запрещается. При необходимости перемещения горячей мастики на рабочих местах вручную следует применять металлические бачки с плотно закрывающимися крышками.

При выполнении гидро-, теплоизоляционных и антикоррозионных работ с применением огнеопасных материалов (а также выделяющих вредные вещества) следует обеспечить защиту работающих от их воздействия. Стекловату и шлаковату к месту работы следует подавать в контейнерах или пакетах, не допуская их распыления. При приготовлении грунтовок из растворителя и битума расплавленный битум следует выливать в растворитель, но не наоборот. Допускать рабочих к выполнению кровельных работ разрешается после осмотра исправности несущих конструкций крыши и ограждений. При работе на крыше с уклоном более 20° следует применять предохранительные пояса.

Не допускается выполнять кровельные работы во время гололеда, тумана, исключаяющего видимость в пределах фронта работ, грозы и ветра со скоростью 15 м/с и более. При производстве кровельных работ с применением разогретых битумных мастик рабочие, занятые разогревом битумных мастик и наклейкой рулонных материалов, должны работать в защитных очках и респираторах.

К работам по восстановлению рулонных кровель по новой технологии с использованием гибких электронагревателей (ГПЭН) могут быть допущены рабочие не моложе 18 лет, ознакомленные с технологическим регламентом и имеющие группу по электробезопасности не ниже II.

Корпус понижающего трансформатора должен быть заземлен перед подключением к нему ГПЭН. Изоляция ГПЭН и соединительных проводов не должна иметь повреждений.

Не допускается оставлять без присмотра подключенные к источникам тока ГПЭНы, наступать на них и на соединительные провода, а также наезжать на них прикаточным устройством. При появлении дыма из трансформатора или из ГПЭН оборудование необходимо немедленно отключить, а затем отремонтировать.

Не допускается использовать гибкие электронагреватели кровли во время дождя или снегопада.

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ

ГЛАВА 18. СТРОИТЕЛЬСТВО НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

18.1. 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 оптимально. 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, шитовой или штольневой проходкой.

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 трубопровод), что увеличивает трудоемкость и стоимость работ. Для снижения этих показателей осуществляют предварительное укрупнение труб в отдельные изолированные звенья или секции из двух, трех и большего 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.

18.2. ПОДГОТОВКА ТРАНШЕЙ. УСТРОЙСТВО ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ПОД ТРУБОПРОВОДЫ

Перед укладкой трубопровода проверяют глубину и уклоны dna 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 укладка его на проектную отметку с обеспечением плотного его 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 принимать меры по заключению их в специальные короба с надежным креплением. Приямки в траншеях для заделки растресканных и муфтовых стыковых соединений, а также сварки неповоротных стыков стальных труб отрывают 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.

При естественном основании трубы укладывают непосредственно на грунт ненарушенной структуры, обеспечивая поперечный и продольный профиль основания по проекту.

При несущей способности грунтов оснований менее 0,1 МПа (1 кгс/см²) необходимо устраивать искусственные основания – бетонные или железобетонные, сборные лекальные, свайные. Для увеличения плотности грунтов оснований широко применяют метод уплотнения.

Несущая способность труб в значительной мере зависит от характера опирания их на основании. 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.

Кроме того, величина угла охвата для одних и тех же условий влияет на несущую способность труб.

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.

Таким образом, устройство основания – один из главных факторов, обеспечивающий долговечность и надежность эксплуатации тру-

бoportов. С увеличением диаметра трубопроводов это приобретает более важное значение, поскольку стоимость таких сооружений значительно возрастает.

При укладке железобетонных труб больших диаметров (1,5–3,5 м) в песчаных грунтах (рис. 18.1, а) устраивается ложе без нарушения естественной структуры грунта, которое должно охватывать $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ поверхности трубы. В глинистых грунтах (рис. 18.1, б) трубы укладывают на песчаные подушки толщиной 0,1–0,3 м. В тех случаях, когда трубопроводы прокладывают в твердых (скальных) грунтах (рис. 18.1, в), необходимо устройство песчаной подушки с тщательным уплотнением толщиной не менее 0,1 м над выступающими неровностями основания.

Для укладки труб в недостаточно устойчивых сухих грунтах на дно траншеи отсыпают слой из гравия, гравийно-песчаной смеси или песка толщиной не менее 0,1 м на всю ширину траншеи (рис. 18.1, г). На этом слое устраивают бетонную подливу в виде лотка высотой не менее 0,1 наружного диаметра трубы и толщиной в средней части не менее 0,1 м.

В водонасыщенных грунтах, хорошо отдающих воду, железобетонные трубы больших диаметров укладывают на бетонное основание,

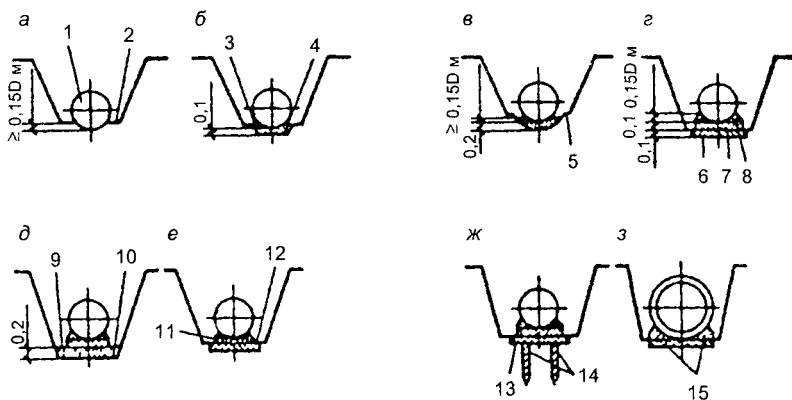


Рис. 18.1. Типы оснований под трубопроводы:

1 — труба; 2 — дно траншеи; 3 — ложе; 4 — песчаная подушка; 5 — скальное основание; 6 — толь; 7 — бетонная плита; 8 — монолитный бетон; 9 — щебеночное основание; 10 — дренаж; 11 — железобетонная плита; 12 — бетонное основание; 13 — плита рoстверка; 14 — железобетонные сваи; 15 — сборная плита

располагаемое на гравийно-песчаной или щебеночной подготовке толщиной 0,20–0,25 м с устройством в ней дренажной линии (рис. 18.1, д). В грунтах и плывунах, плохо отдающих воду, бетонное основание укладывают на железобетонные плиты, которые, в свою очередь, кладут на щебеночную подготовку (рис. 18.1, е).

Если водонасыщенные грунты содержат органические включения или являются слабыми и могут вызывать неравномерные осадки, устраивают жесткие основания в виде ростверков на сваях (рис. 18.1, ж).

Железобетонные трубы диаметром 2–3,5 м рекомендуется укладывать на сборные основания (лекальные блоки или плиты с подбетонкой стула). Кроме того, под такие трубы основания выполняются также из плит и брусьев, соединяемых между собой сваркой, с замоноличиванием стыка бетоном (рис. 18.1, 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.

В последнее время разработан ряд механизмов для устройства приямков и выкружки, сопряженных с базовой машиной, передвигающейся по дну траншеи.

Для прокладки железобетонных трубопроводов диаметром 1400–2000 мм создана, как отмечалось в п. 11.17, машина МВ-15 на базе трактора Т-130БГ-1 (см. рис. 11.23, а), которая производит планировку дна, нарезку ложа и отрывку приямков глубиной 0,35 и 0,5 м, стыковку труб и протаскивание центратора.

Согласно СНиПу 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-щебеночном 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 заморожен.

18.3. ВЫБОР КРАНОВ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Как и в случае выбора кранов для монтажа строительных конструкций, рассмотренных в п. 15.3, краны для прокладки трубопроводов также выбирают в два этапа. Вначале, на I этапе выбирают несколько технически пригодных типов или марок 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 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, применять краны-трубоукладчики практически невозможно. В этом случае следует избирать мобильные стреловые краны – автомобильные, пневмоколесные или гусеничные нужной грузоподъемности. При выборе типа применяемых кранов необходимо также учитывать, что вылет крюка у кранов-трубоукладчиков по сравнению со стреловыми ограничен (5,0–7,5 м), что затрудняет их использование даже при прокладке стальных магистральных трубопроводов плетями 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 (I 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.

Требуемый вылет крюка (L_k) монтажного крана при прокладке трубопроводов из одиночных труб в трапецеидальных траншеях по схеме, приведенной на рис. 18.2, а, равен

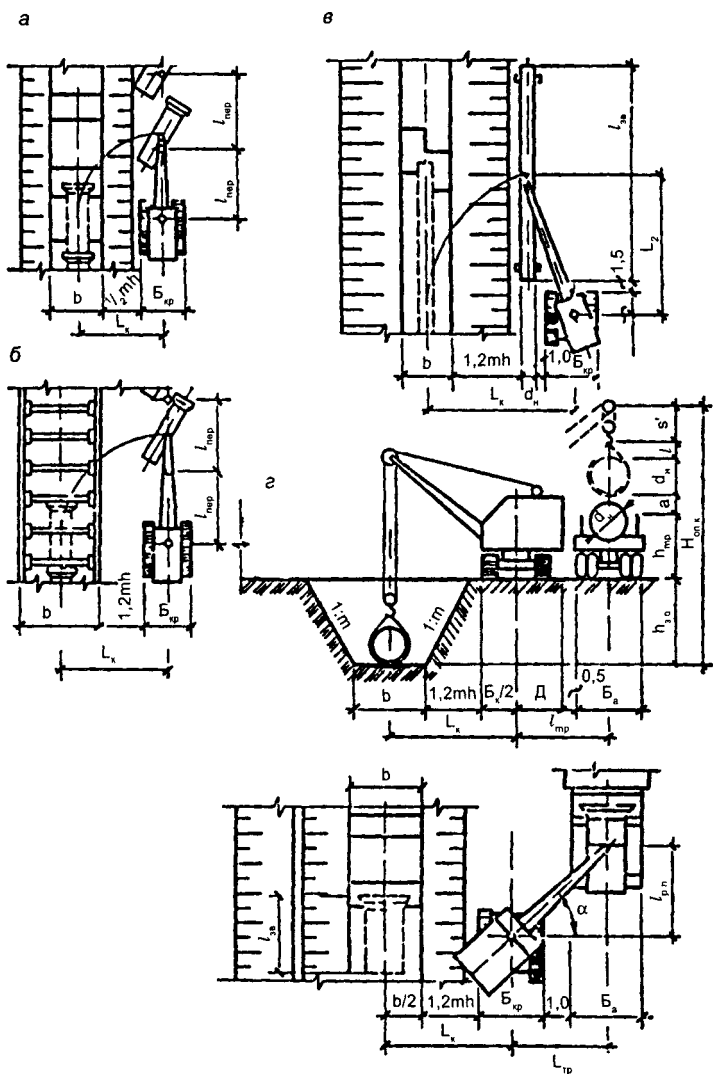


Рис. 18.2. Схема определения рабочих параметров крана при прокладке труб:
 а — укладка одиночных труб в трапециевидную траншею; б — то же в траншею с креплениями; в — монтаж трубных секций; г — монтаж труб с транспортных средств

$$L_k = 0,5b + 1,2mh + 0,5B_{кр},$$

где b – ширина траншеи по дну, м; $1,2mh$ – 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. 18.2, б) вылет крюка определяют также, а при монтаже их из укрупненных секций (рис. 18.2, в) (длиной 18–24 м) вылет крюка рассчитывают по формуле

$$L_k = 0,5b + 1,2mh + d_n + 1 + 0,5B_{кр},$$

где d_n – 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. 18.2, в),

$$L_k = L_2 = 0,5l_{тр.с} + 1,5m + l_{таб},$$

где $l_{тр.с}$ – длина трубной секции; 1,5 м – расстояние в свету между торцом секции и габаритом крана (по условиям безопасности); $l_{таб}$ – расстояние между осью вращения крана и передним краем его ходовой части.

При монтаже труб с транспортных средств (рис. 19.2, з) вылет крюка рассчитывают по формуле, приведенной первой, и проверяют по условию

$$L_{тр} = D + 1 + 0,5B_a.$$

Этим одновременно определяют место установки трубовоза

$$L_{р.п} = \sqrt{L_k^2 - L_{тр}^2}.$$

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

$$L_k = 0,5b + mh + l_{гр1} + d_n + l_{гр2} + 0,5B_{кр},$$

где $l_{гр1}$, $l_{гр2}$ – соответственно расстояние от бровки траншеи до трубной плети и от нее до крана. 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 $H_{он.к}$ с учетом обеспечения подачи трубы в траншею (см. рис. 18.2, з)

$$H_{он.к} = h_{з.о} + h_{тр} + a + d_n + h_r + s',$$

где $h_{з.о}$ – глубина заглубления опоры (дна) в траншее 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 полиспаста.

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 гру-

зоподъемность кранов-трубоукладчиков определяют путем деления общей массы поднимаемой плети (вместе с массами очистной и изоляционной машин 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:

Д, мм	592	720	820	1020	1220	1420
L_n , м	130	175	185	225	255	265

Количество кранов-трубоукладчиков в колонне определяется по рекомендациям «Справочника по прокладке трубопроводов, систем водоснабжения и водоотведения» (Ростов н/Д, 2001) в зависимости от принятого способа прокладки и диаметра трубопровода. Так, 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 мягких полотенец перекадывают 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 видов монтажных работ, встречающихся в практике водопроводного строительства, при монтаже трубопроводов необходимые технические 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 п. 15.3 при монтаже строительных конструкций. Она вполне может быть использована и при монтаже трубопроводов.

18.4. ПОДБОР ГРУЗОЗАХВАТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Для подъема, перемещения и укладки труб применяют специальные грузозахватные приспособления (рис. 18.3), для подъема длинномерных труб используют специальные траверсы (рис. 18.4, а, ж, з), а для подъема плети стального трубопровода кранами-трубоукладчиками при ее прокладке — троллейные подвески (рис. 18.4, к, л, м), позволяющие осуществлять подъем трубопровода для его очистки и изоляции при одновременном поступательном передвижении кранов-трубоукладчиков вдоль траншеи.

Выбор грузозахватных приспособлений для подъема и укладки трубопроводов осуществляют с учетом того, что приспособления должны обеспечивать необходимую грузоподъемность, прочность, надежное защепление (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. 18.4, 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 (траверса, клешевой захват, троллейные подвески или мягкие полотенца), а затем, зная требуемую грузоподъемность, подбирают их соответствующие марки. При этом целесообразно иметь также сведения о массе применяемых приспособлений (в кг), так как они нужны при определении требуемой грузоподъемности крана. Сведения о грузозахватных приспособлениях для подъема труб приведены в табл. 18.1–18.4.

Таблица 18.1

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕШЕВЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ ЗАХВАТОВ СЕРИИ КЗ

Характеристика	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

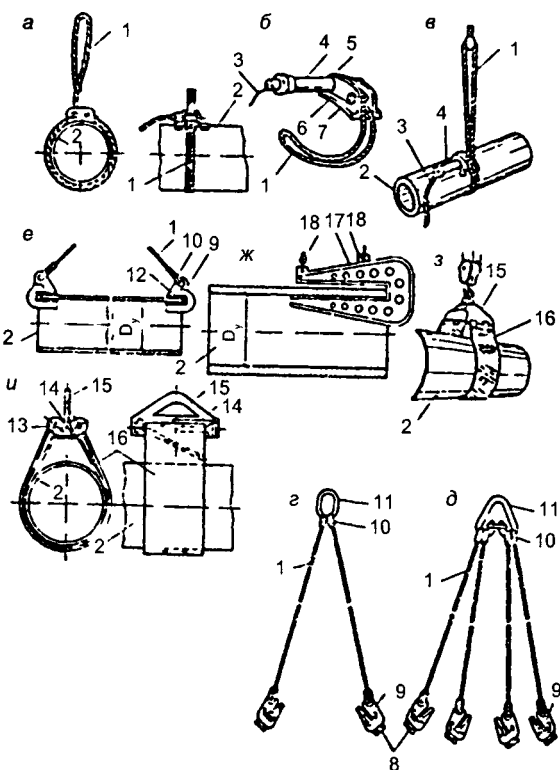


Рис. 18.3. Грузозахватные приспособления, применяемые при строительстве трубопроводов:

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; 1 — трос несущий; 2 — труба; 3 — тросик для выдергивания фиксатора; 4 — фиксатор-замок; 5 — щека; 6 — опорная плита; 7 — палец; 8 — скоба; 9 — захват; 10 — коуш; 11 — серьга; 12 — мягкие прокладки; 13 — стержни; 14 — привод для вытягивания полотенца из-под трубы; 15 — монтажная скоба; 16 — мягкое полотенце; 17 — траверса; 18 — монтажные петли

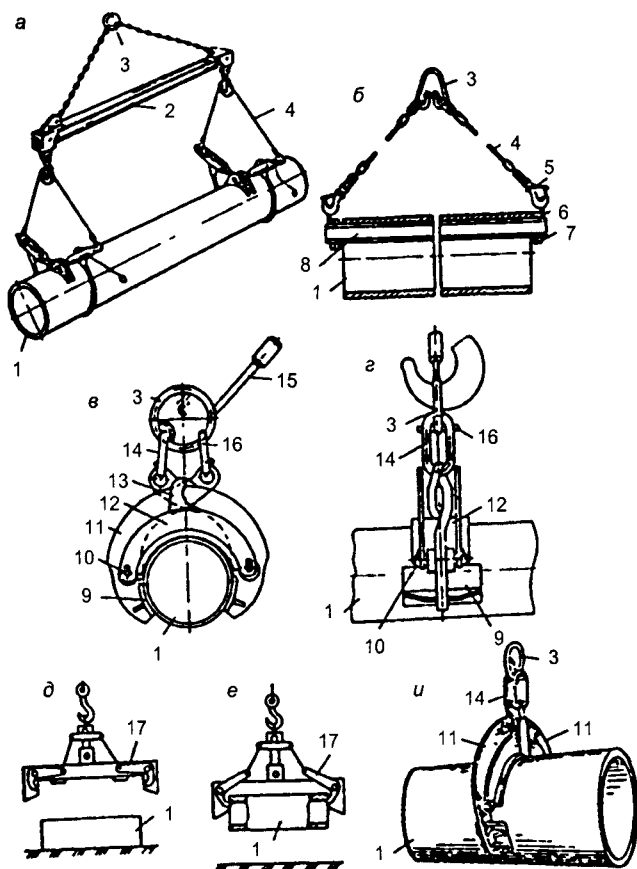


Рис. 18.4. Траверсы, захваты и другие устройства для подъема труб:

а, б — траверсы для длиномерных и асбестоцементных труб; в, г, и — полуавтоматический клещевой захват; д, е — этапы строповки труб автоматическим захватом; ж — траверса 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 — траверса; 3 — кольцо; 4 — стропы; 5, 13 — крюки; 6, 12 — скобы; 7 — оградительные фланцы с мягкими прокладками; 8 — труба-траверса; 9 — выдвигающие 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

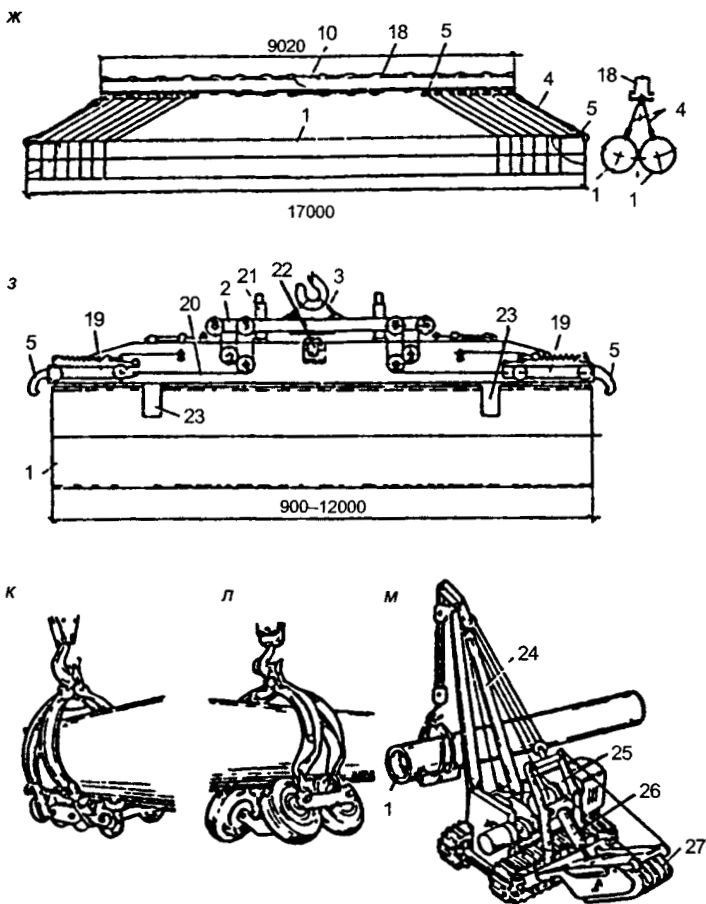


Рис. 18.4 (окончание)

18.5. 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

Таблица 18.2

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОЛЕЙНЫХ ПОДВЕСОК
ДЛЯ НЕИЗОЛИРОВАННОГО ТРУБОПРОВОДА**

Характеристика	Марки подвесок				
	ТП371ХЛ	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 18.3

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОЛЕЙНЫХ ПОДВЕСОК ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ
УКЛАДКИ ИЗОЛИРОВАННОГО ТРУБОПРОВОДА В ТРАНШЕЮ
(КАТКИ ПОЛИУРЕТАНОВЫЕ ИЛИ НА АВИАШИНАХ)**

Характеристика	Марки подвесок				
	ТП-371	ТП-1021	ТП-1022	ТПП1421ХЛ	ТПП-1423
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	89–325	1020	1020	1220–1420	1220–1420
Грузоподъемность (максимальная), т	2	23	32	63	60
Масса, кг	205	1155	1380	1400	1860

Таблица 18.4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЯГКИХ ПОЛОТЕНЕЦ СЕРИИ ПМ

Характеристика	Марки 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

столбах обноски, причем так, чтобы поперечные доски были горизонтальны и проходили через центр колодцев (рис. 18.5). Над центром колодца в доску вбивают гвоздь, сбоку к доске прибивают строго горизонтально брусok, называемый полочкой. Такую же обноску с полочкой делают и у смотрового колодца, находящегося на втором

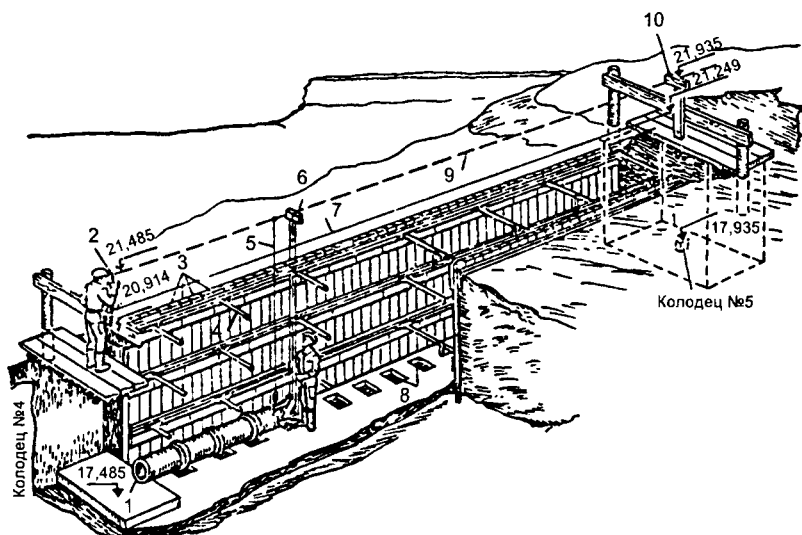


Рис. 18.5. Схема укладки трубопровода по заданному направлению и уклону:

1 — укладываемый трубопровод; 2 — пришивная визирка № 1; 3 — крепление траншеи; 4 — инвентарные распорки (струбцины); 5 — отвес; 6 — ходовая визирка; 7 — проволока (причалка); 8 — приямки для заделки раструбов; 9 — линия визирования; 10 — пришивная визирка № 2

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 совпадала с отвесом. При несовпадении конец трубы смещают в нужном направлении краном или с помощью монтажного лома.

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 контролировать 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.

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.

18.6. СОВМЕЩЕННАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ

Прокладка подземных сетей водопровода и канализации в пределах городской застройки может быть отдельной и совмещенной. При совмещенной прокладке нескольких трубопроводов в одной траншее (рис. 18.6, 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 отдельной, но все же не свободна от существенных недостатков (трудность устранения аварий и ремонта, коррозия труб и др.).

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

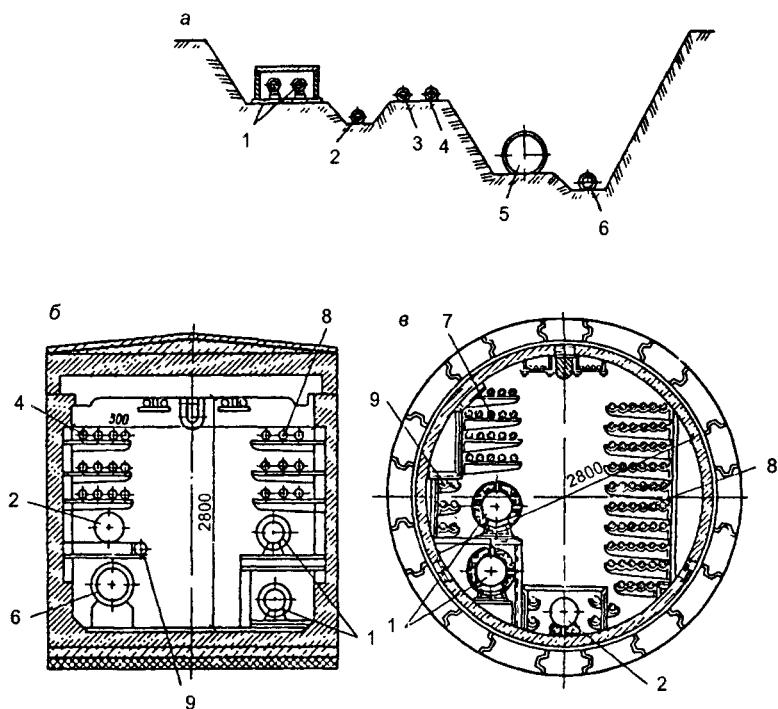


Рис. 18.6. Совмещенная прокладка трубопроводов:

а — в одной траншее; б — в проходном канале прямоугольного сечения; в — то же, круглого сечения; 1 — теплосеть; 2 — водопровод; 3 — газопровод среднего давления; 4 — то же, низкого давления; 5 — водосток; 6 — канализация; 7 — электрокабель; 8 — телефонные кабели; 9 — электрокабели специального назначения

(рис. 18.6, 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, прокладка дополнительных или замена ранее

проложенных коммуникаций выполняется без разрытия грунта и разрушения дорожных покрытий, так как производятся 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 раздельной 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 плеть до 100 м.

18.7. 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 такие 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 п. 11.20.

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 осуществлять нанесение изоляции на специальных трубозаготовительных 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 их 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 свежееотрытую 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 траншей, 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 вмержания в снег, укладывают на высокие лежки (деревянные подкладки) или земляные призмы.

18.8. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ И ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОХРАНЫ ТРУДА

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 технологии 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 строительно-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 приемочный (по окончании работ). Важнейшим из них является текущий, который может быть сплошным (пооперационным) и выборочным. Применяемые при этом методы контроля качества могут быть визуальными (непосредственный осмотр выполненных работ), инструментальными (с применением инструментов и приборов) и лабораторными, требующими 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. При этом 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. 23). 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 водонепроницаемости 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.

Безопасность труда при прокладке трубопроводов обеспечивается прежде всего правильным выбором и технологически обоснованными размерами рабочих мест и их соответствующей организацией. Важное значение имеет содержание в исправности машин, механизмов, инструментов и приспособлений. Все рабочие места, а также соединяющие их транспортные зоны и крепления траншей необходимо содержать в порядке, обеспечивающем безопасность выполнения работ и перемещение машин и кранов в монтажной зоне. Во избежание обрушения стенок траншей и возникновения угрозы устойчивости крана при его работе и передвижении необходимо выдерживать установленные расстояния от него до бровки траншеи. Трубы на берме укладывают и укрепляют так, чтобы предотвратить их скатывание в траншею. Траншеи и котлованы на улицах и дворовых участках необходимо ограждать и освещать в ночное время, в местах переходов через траншеи устраивают мосты с ограждениями. Инженерные коммуникации (особенно высоковольтные кабели), пересекающие траншеи, во избежание их повреждения и возникновения аварий защищают оплеткой, коробами, подвешивают к балкам, уложенным поперек траншеи.

К работе на кране допускаются машинисты не моложе 18 лет, прошедшие специальные курсы обучения, получившие соответствующее удостоверение и практическую стажировку. Кран, закрепленный за машинистом, ежегодно подвергают испытанию, дата которого указывается на кране. При соединении труб особое внимание уделяют безопасной организации рабочих мест электро- и газосварщиков; сварочные кабели защищают от повреждений, ежедневно проверяют заземление электросварочных агрегатов и свариваемых труб. При просвечивании стыков надо строго соблюдать установленную дистанцию между ампулой и техником – радиографом, который должен иметь при себе индикатор для контроля степени облучения.

При подъеме трубопровода особое внимание обращают на общую устойчивость кранов-трубоукладчиков. Если нагрузка на крюке резко возрастает и возникает угроза опрокидывания крана, подъем необходимо прекратить и трубопровод опустить на землю.

При подъеме и укладке трубопровода в траншею необходимо соблюдать следующие требования безопасности и охраны труда: следить за состоянием механизмов крана-трубоукладчика и его контрольными-

ми приборами; не поднимать груз массой, превышающей максимальную грузоподъемность крана при данном вылете крюка; поднимать и опускать трубопровод без рывков, изолированная часть при опускании в траншею не должна задевать ее стенок; при наложении полотна на трубопровод выполнять сигналы такелажника (зацепщика), не допуская преждевременного натяжения грузовых канатов; во время опускания плети в траншею работать согласованно с машинистом других кранов-трубоукладчиков. Если машинист заметил, что другой кран перегружен, он должен немедленно подъемом стрелы или грузового крюка выровнять плеть. В случае выхода из строя одного из кранов-трубоукладчиков колонны плеть надо немедленно опустить на землю.

При опускании трубопровода в траншею запрещается кому-либо находиться под поднятой и перемещаемой плетью, между траншеей и трубопроводом, в траншее и в зоне возможного падения стрелы. При работе очистной и изоляционной машин действия машинистов трубоукладчиков и этих машин должны быть строго согласованы. В процессе очистки трубопровода трубоукладчики должны передвигаться вдоль трубопровода при минимальном вылете крюка. Высота подъема плети должна быть также минимальной, достаточной для прохода очистной машины. Трубы и трубные секции массой, близкой к предельной грузоподъемности крана, необходимо поднимать в два приема: сначала на высоту 0,2–0,3 м, после чего проверить состояние грузозахватных устройств и тормозов крана, а затем уже на необходимую высоту.

Опускание труб в траншею с креплениями требует особой осторожности, вызванной необходимостью оградить крепления и распоры от ударов.

До начала гидравлического испытания необходимо проверить надежность работы опрессовочного агрегата или гидравлического прессы. Пневматическое испытание по сравнению с гидравлическими является более опасным из-за возможности разрыва труб, поэтому к проведению их предъявляются более строгие требования. На весь период испытания устанавливается охранный барьер, вход в которую при нагнетании воздуха в трубопровод и выдерживании его под давлением категорически запрещается. Ширина этой зоны принимается от 7 до 25 м (в обе стороны от оси трубопровода) в зависимости от материала и диаметра труб.

Для наблюдения за зоной организуются контрольные посты охраны из расчета один пост на 200 м трубопровода. Применяемые для закачивания воздуха в трубопровод компрессоры и ресиверы должны

быть расположены на расстоянии не менее 10 м от него и обязательно вне опасной зоны. Устранять обнаруженные дефекты, а также подтягивать болтовые соединения на трубопроводах, находящихся под давлением сжатого воздуха, категорически запрещается. Во избежание поражения рабочих в случае выбивания заглушек они должны находиться в безопасных местах или сами заглушки должны быть ограждены прочными безопасными экранами. Кроме этого, заглушки, люки, фланцевые и другие соединения на время испытаний отмечают предупредительными знаками. На период испытания трубопроводов все дороги, идущие параллельно ему на расстоянии 200 м, а также пересекающие трассу, закрывают, и движение по ним прекращается. Находящиеся в этой зоне дома должны быть освобождены от жильцов, а пастбища – от скота. Когда все эти мероприятия выполнены, созданы аварийные бригады и расставлены контрольные посты, комиссией дается указание о поднятии давления воздуха на испытываемом участке.

ГЛАВА 19. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ

19.1. 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 их 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 8–10 мм, то можно подсчитать довольно низкий срок службы стальных труб, что и подтверждается практикой. И это еще без учета воздействия на трубы элек-

троккоррозии от воздействия блуждающих токов, образующихся вблизи трасс движения электротранспорта (электрифицированных железных дорог, 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, шероховатость внутренних стенок труб увеличивается и, соответственно, возрастают гидравлические сопротивления, а вследствие этого пропускная способность водоводов снижается. Попытка ее восстановления путем увеличения напора за счет замены насосов насосной станции на более мощные, приводит 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 зарастающих внутри.

Сортамент неметаллических труб, используемых в водопроводном строительстве, включает различные их виды, в том числе: керамические, асбестоцементные, бетонные и железобетонные, полиэтиленовые, винилпластовые и др. Поскольку сортамент неметаллических и металлических труб приводится в специальных справочниках (см. список литературы), в данном учебнике он не приводится.

19.2. 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 укрупненными 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. 18.5).

Укладка трубопроводов отдельными трубами. Трубы укладывают на подготовленное и тщательно спланированное основание с соблюдением 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 – шнуром. 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 $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ раструба (рис. 19.1, а), а остальную его часть заполняют мастикой. Доставленную на место работ мастику перед заливкой подогревают до температуры 160–170°C. Для удобства заливки стыков к трубам крепят специальные металлические обоймы (рис. 19.1, б), состоящие из двух шарнирно соединенных половинок. Обойму смазывают тон-

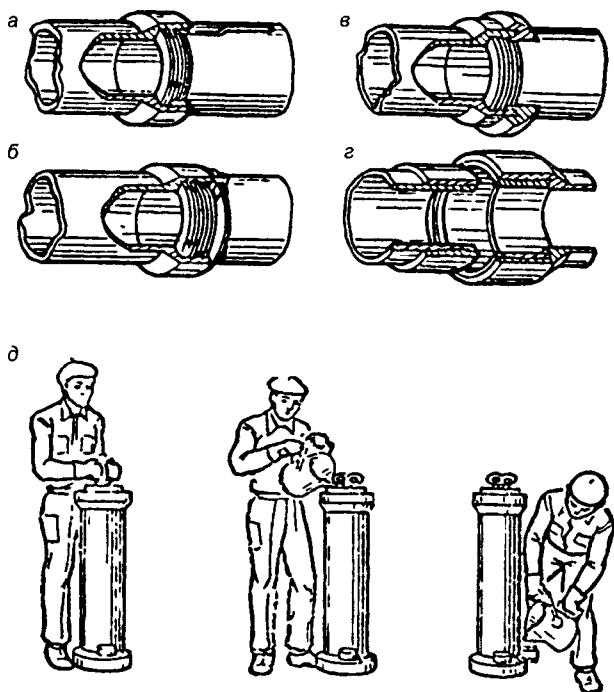


Рис. 19.1. Этапы заделки стыков керамических труб

ким слоем глины (чтобы не прилипла мастика) и устанавливают на трубу вплотную к раструбе. 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. 19.1, в.

Укладка трубопроводов звеньями. Для ускорения процесса укладки труб в траншею и заделки их стыков производят их 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. 19.1, 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 возможно свободное соединение труб так называемым холодным способом. После испарения растворителя и отвердения размягченной мастики получается прочный и герметичный стык труб. Общая схема прокладки трубопровода из керамических труб приведена на рис. 19.2.

19.3. МОНТАЖ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Приемка и проверка качества труб. Трубы должны поставляться заводами-изготовителями комплексно 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 траншеи 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 трубоукладочных работ не возникало необходимости в дополнительных их перемещениях вдоль траншеи.

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 соединительных частей на дно траншеи без всяких приспособлений, если глубина ее

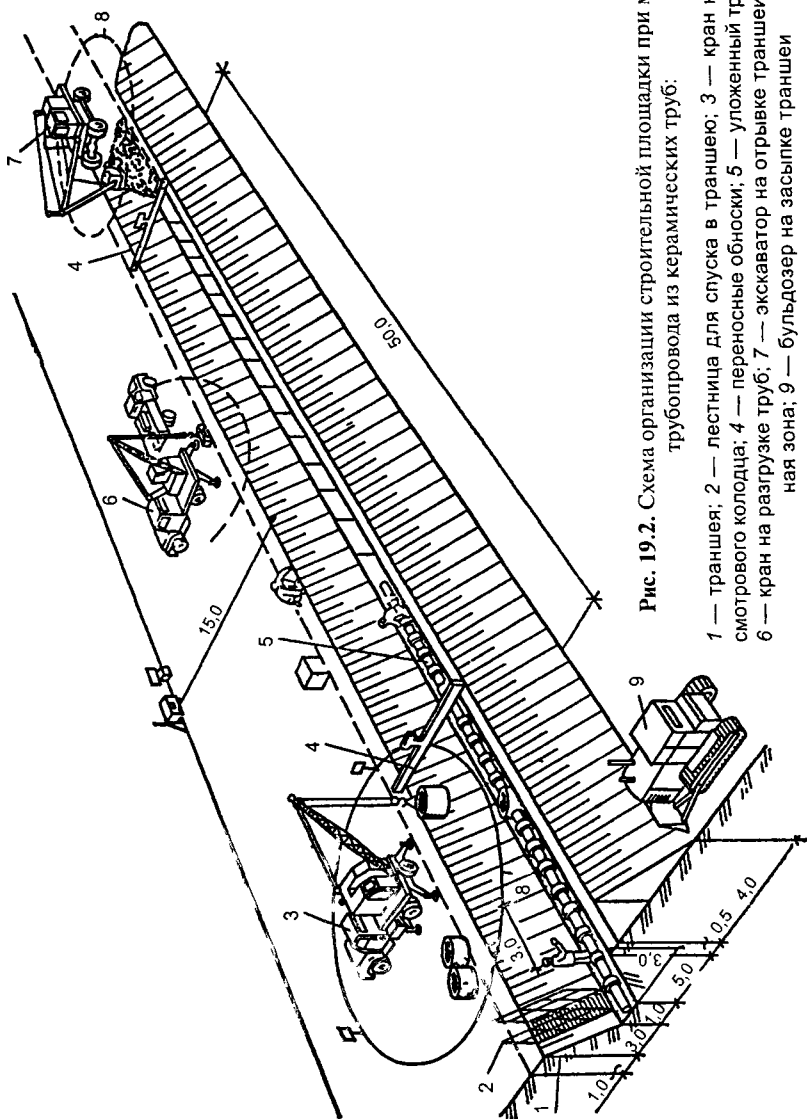


Рис. 19.2. Схема организации строительной площадки при монтаже трубопровода из керамических труб:

- 1 — траншея; 2 — лестница для спуска в траншею; 3 — кран на монтаже смотрового колодца; 4 — переносные облоски; 5 — уложенный трубопровод; 6 — кран на разгрузке труб; 7 — экскаватор на отрывке траншеи; 8 — опасная зона; 9 — бульдозер на засыпке траншеи

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. 19.3, а). В целях ускорения монтажа труб малых и средних диаметров их до укладки укрупняют в секции по несколько штук (до четырех), а затем опускают их в траншею краном с помощью специальных траверс (рис. 19.3, б), исключающих возможность нарушения герметичности муфтовых стыковых соединений.

Монтаж трубопроводов на асбестоцементных двухбуртных 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. 19.3, 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. 19.3, в). Монтаж муфт производят с помощью специальных приспособлений – рычажного домкрата (см. рис. 19.3, е) или, если необходимо большее усилие, винтового домкрата и винтового натяжного устройства (см. рис. 19.3, ж). Основные этапы монтажа муфтового соединения труб показаны на рис. 19.3, 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. 19.4, 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. 19.4, а), после чего с помощью монтажного приспособления трубу вместе с муфтой придвигают в сторону уложенного трубопровода до тех пор, пока конец последней

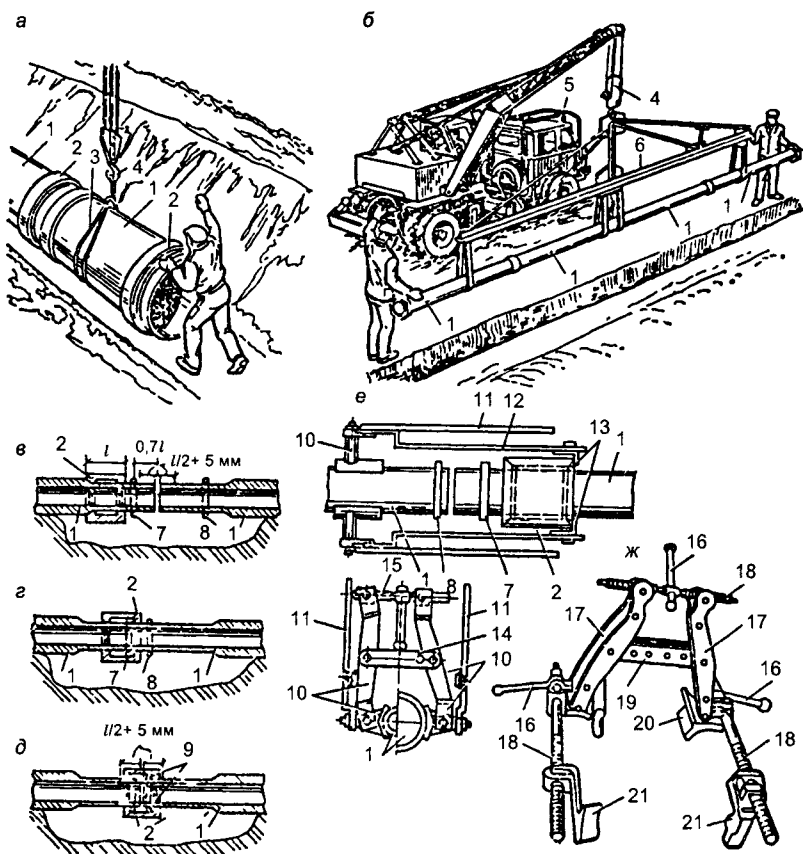


Рис. 19.3. Способы монтажа трубопроводов из асбестоцементных труб:

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 — кран; 6 — траверса с мягкими полотнами; 7 — первое резиновое кольцо; 8 — второе кольцо; 9 — места заделки цементным раствором; 10 — станция 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

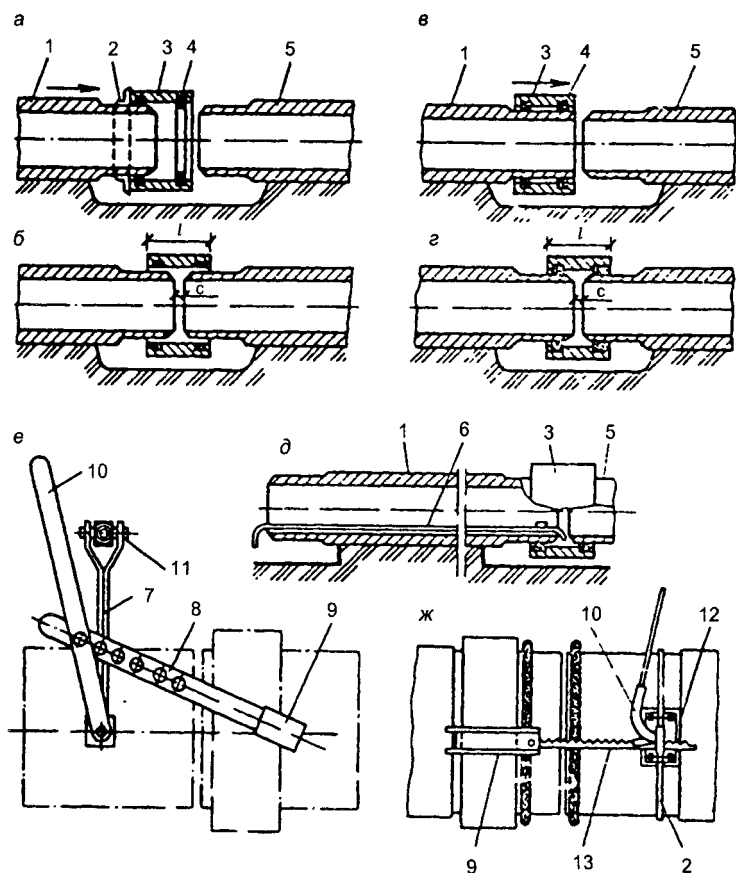


Рис. 19.4. Монтаж асбестоцементных труб на муфтах САМ с резиновыми самоуплотняющимися кольцами:

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

уложенной трубы не войдет в муфту на глубину $(l-c)/2$ (рис. 19.4, б). Для того чтобы в процессе монтажа муфта не сдвинулась, у ее торца устанавливают упорный (переносной) хомут. При втором способе (рис. 19.4, в, г) на укладываемую трубу муфту надвигают на всю ее длину (рис. 19.4, 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. 19.4, з). 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. 19.4, д), удаляемую из трубы после монтажа стыка. Для монтажа стыковых соединений асбестоцементных труб наряду с показанным на рис. 19.3, ж винтовым домкратом используют также рычажный домкрат (рис. 19.4, е) и рычажно-реечное приспособление (рис. 19.4, 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 оборудованием 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.

Устройство для монтажа муфтовых и раструбных трубопроводов (рис. 19.5) 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.

На раме укреплены получающие движение от силовых цилиндров кривошипно-шатунные механизмы.

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.

Монтаж трубопроводов на чугунных муфтах с резиновыми кольцами круглого и трапециевидного сечения производят с соблюдением правил устройств 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 укладки ее на дно траншеи переходят к сборке

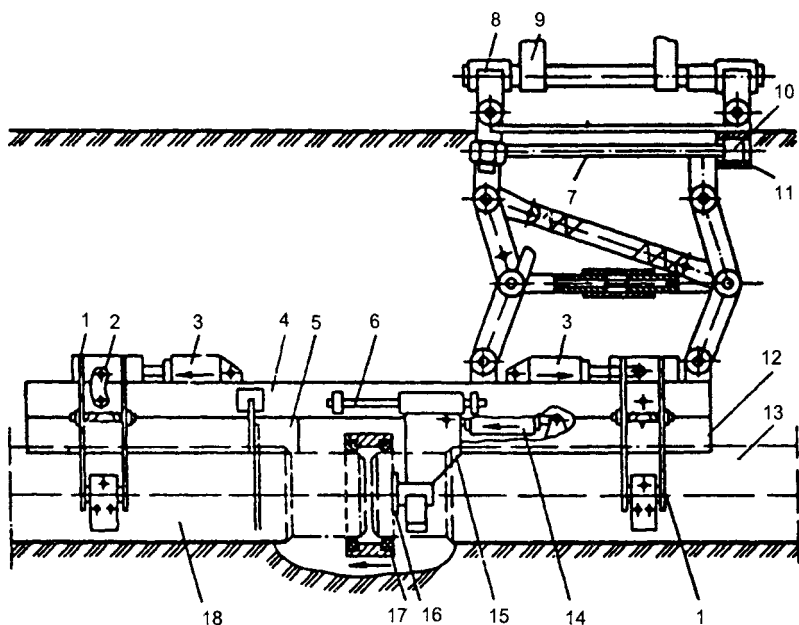


Рис. 19.5. Устройство для монтажа асбестоцементных труб:

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

стыка. Степень уплотнения резины регулируется 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, шнуру 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 пеньковую 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.

19.4. 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.

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 кранов.

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; придание уложенной трубе проектного положения; окончательная заделка стыка; предварительное испытание готового не засыпанного 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.

Рекомендуемая схема расстановки механизмов, рабочих-монтажников и раскладки труб при монтаже трубопроводов показана на рис. 19.6, а. При укладке трубы вначале по шаблону отмечают на ее гладком конце глубину заделки его в раструб уложенной трубы. Ус-

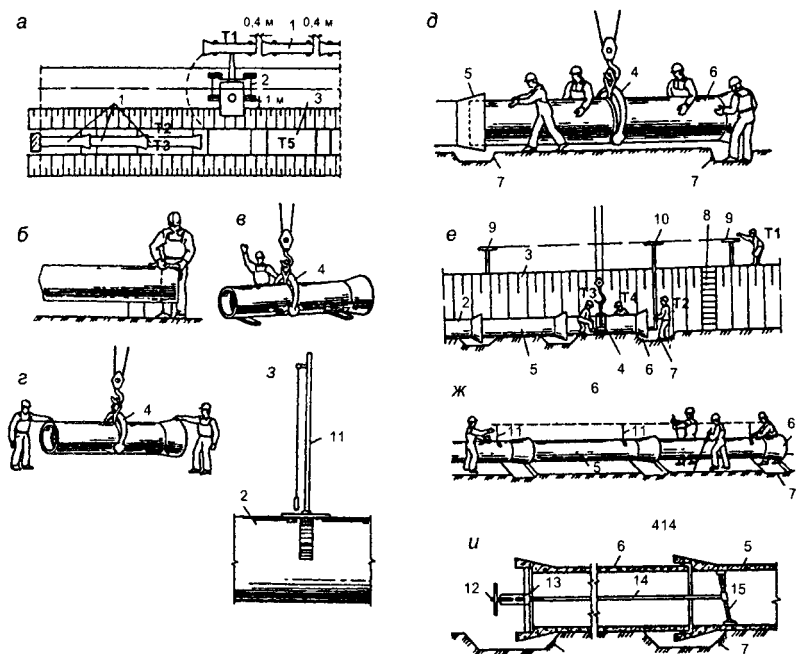


Рис 19.6. Основные рабочие операции при монтаже трубопровода из железобетонных раструбных труб:

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; 1 — трубы; 2 — кран; 3 — траншея; 4 — клещевой захват; 5 — уложенная раструбная труба; 6 — укладываемая труба; 7 — приямки; 8 — лестница; 9 — неподвижные визирки; 10 — переносная (ходовая) визирка; 11 — инвентарные вешки; 12 — натяжной винт; 13 — балка; 14 — тяга; 15 — распорка

тановив кран посередине укладываемой трубы и застропив ее полуавтоматическим захватом (рис 19.6, *г, в, д*) или с помощью стропов, либо траверсы, трубу подают в траншею (рис. 19.6, *д, е*). На высоте 0,5 м от ее дна опускание трубы приостанавливают 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. 19.6, *е, ж*). После выверки трубы по вертикали с нее снимают захват, освобождают кран для монтажа следующей трубы и приступают к выверке положения трубы в плане. С этой целью устанавливают по отвесу инвентарные вешки (рис. 19.6, *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. 19.6, *е*). При необходимости ее смещают в нужную сторону.

В заключение с помощью натяжного приспособления (рис. 19.6, *и*) вводят гладкий конец трубы в раструб ранее уложенной, следя при этом за равномерностью закатывания резинового кольца в раструбную 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 $\frac{1}{4}$ ее диаметра с послойным 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–трехтросовые наружные натяжные приспособления (рис. 19.7, *а, б*), реечные и гидравлические домкраты (рис. 19.7, *в*), внутренние натяжные приспособления, рычажные и шестеренчатые лебедки (рис. 19.7, *г, д*), бульдозеры и экскаваторы (рис. 19.7, *е, ж*).

Для монтажа труб диаметром 500, 700, 900 мм применяют также универсальное гидравлическое приспособление (рис. 19.7, *и*), которое

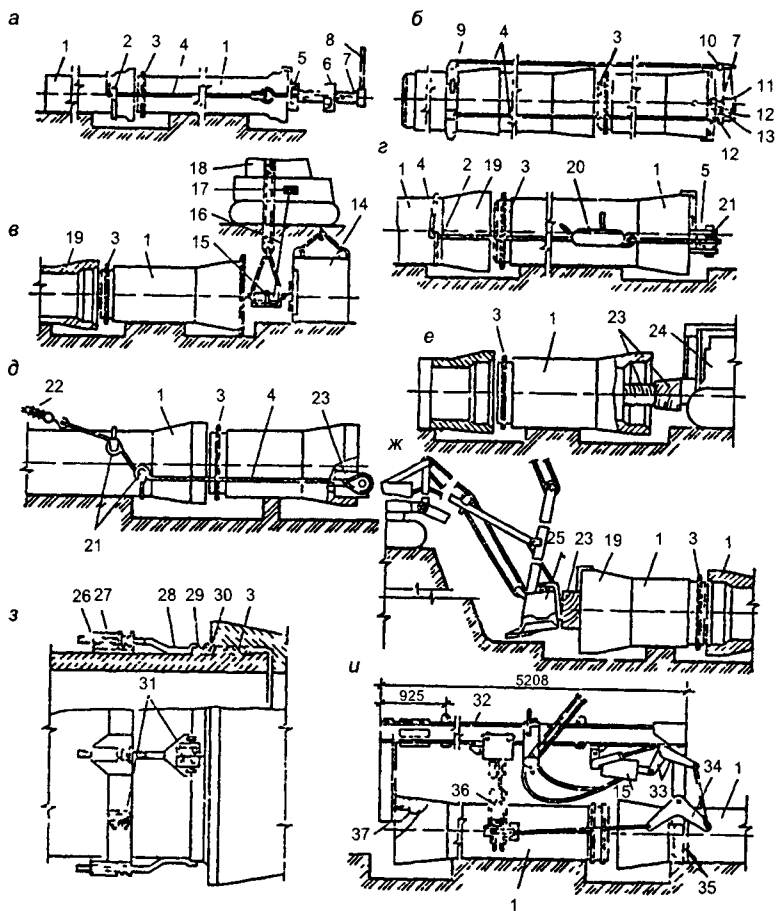


Рис. 19.7. Способы монтажа раструбных напорных железобетонных труб и применяемые для этого приспособления:

1 — уложенная и укладываемая трубы; 2 — полухомут; 3 — резиновое кольцо; 4 — трос; 5, 6 — упорная и рабочая балки; 7 — натяжной винт; 8 — фрикционно-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 — раструб; 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

закрепляют на трубе, а затем вместе с нею 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. 19.7, 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. 19.8). 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. 19.7, 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, используется для их монтажа поворотом ковша.

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 раструбно-винтовым соединением дополнительно нужно обеспечить завинчивание укладываемой трубы в ранее уложенную. Для монтажа труб с зачеканкой стыковых соединений следует обеспечить механизированное 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

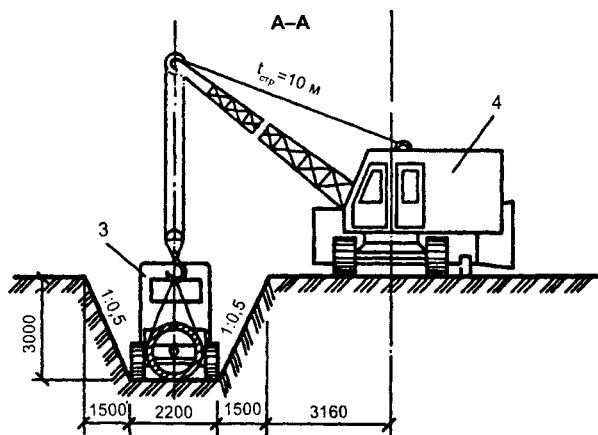
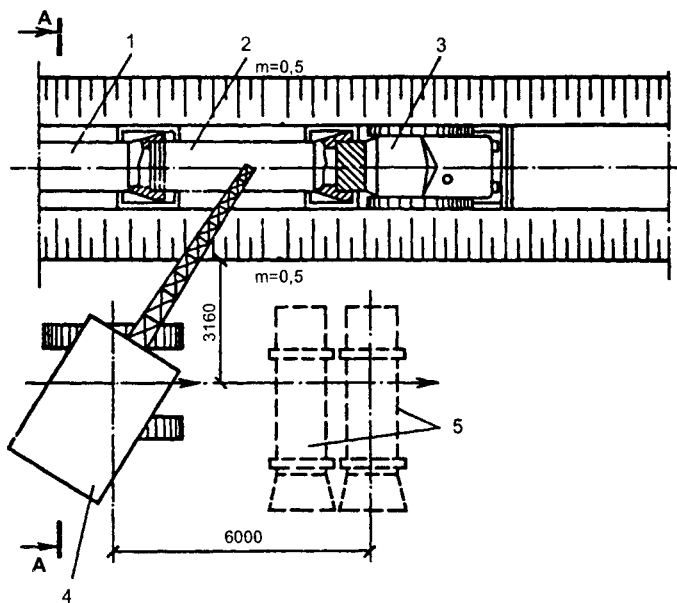


Рис. 19.8. Монтаж железобетонных труб диаметром 1000–1200 мм с помощью бульдозера:

1, 2 — уложенная и укладываемая трубы; 3 — бульдозер Д-159Б; 4 — монтажный кран (Э-652Б); 5 — раскладка труб

и стыковки труб. Вторая схема предусматривает выполнение центровочных и стыковочных операций перемещающейся по дну траншеи базовой машиной с соответствующим оборудованием. Каждая из этих схем имеет свои области применения, обусловленные длиной и диаметром труб и шириной траншеи.

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 перекачивается 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. 19.9, 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.

Гидропривод осуществляется от гидросистемы крана-трубоукладчика и рассчитан на давление до 10 МПа. При этом усилие в гидроцилиндре стыковки достигает 95000 Н. Из-за большой разницы в массе труб различных диаметров разработаны четыре варианта такого навесного оборудования: для труб диаметром 500; 600 и 700; 800 и 1000; 1200–1400 мм, а переналадку с одного диаметра на другой в каждом варианте производят с помощью сменных деталей. Масса навесного оборудования для труб с диаметром 1200 мм, представленного на рис. 19.9, а, составляет 900 кг.

Для монтажа труб диаметром 900 мм Ярославским институтом ПТИОМЭС разработано навесное оборудование к крану-трубоук-

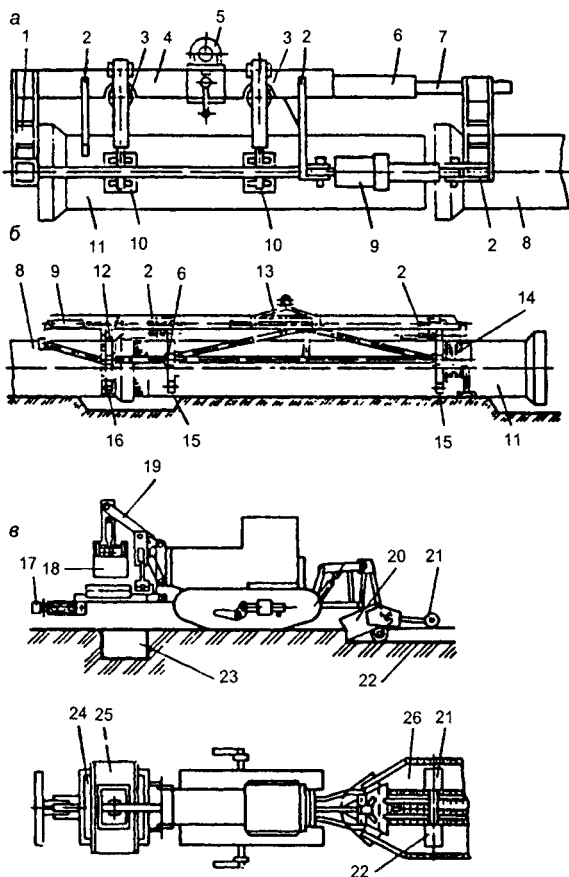


Рис. 19.9. Схемы навесного устройства для монтажа железобетонных труб на резиновых уплотнительных кольцах (а), навесного оборудования для монтажа труб с раструбно-винтовым соединением (б) и траншейной машины для монтажа раструбных труб (в):

1 — упор-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 клиновой; 13 — рама; 14 — привод вращения и осевой подачи трубы; 15 — роликовые захваты; 16 — захват ранее уложенной трубы; 17 — труботолкающая поперечная балка на горизонтальной раме; 18 — грейферный ковш прямокопателя; 19 — наклонная стрела прямокопателя; 20 — плужный пожекопатель; 21 — дорожные уплотнители; 22 — ложе; 23 — приямок; 24 — окно для пропуска ковша в забой; 25 — пассивный боковой рассеиватель; 26 — отвал

ладчику ТГ-124. Его длина 5600, ширина и высота 1640 мм, масса 940 кг.

Для механизации монтажа железобетонных напорных труб со стальным сердечником типа РТНС разработано навесное оборудование, включающее неподвижную и подвижную рамы. В неподвижной раме установлен гидроцилиндр, шток которого связан с кулачковой штангой, воздействующей при перемещении штока на все механизмы оборудования. На подвижной раме жестко закреплен упор-захват, за которым расположен механизм с клещевым захватом.

Для монтажа железобетонных безнапорных труб с раструбно-винтовым соединением разработано специальное навесное оборудование (рис. 19.9, 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.

Краном-трубоукладчиком навесное оборудование подводят к укладываемой трубе и фиксируют ее в роликовых захватах. Затем навесное оборудование с трубой перемещают и опускают в траншею, подводят к ранее уложенной трубе, которую фиксируют захватом. С помощью привода вращения и осевой подачи производят ввинчивание укладываемой трубы в раструб ранее уложенной.

Для механизированной зачеканки раструбных труб волокнистыми материалами используют специальное устройство, которое содержит съемный узел зачеканки, состоящий из чеканов в виде лепестков, присоединенных к трехсекционному роликовому колесу, жестко закрепленному на трехсекционном корпусе. Корпус вращается на роликах трехсекционного захвата. Для осуществления зачеканки съемный узел устанавливают на навесном оборудовании. Перед монтажом на трубу перед лепестками укладывают прядь пеньки или другого волокнистого материала. После опускания в траншею с помощью гидроцилиндров торец трубы вводят на требуемое расстояние в раструб ранее уложенной. Включают гидромотор, лепестки начинают вращаться, одновременно поступательно вводятся в раструбную щель и производят вращательным движением зачеканку волокнистого материала.

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. 19.9, в. Машина включает

базовый трактор с подвешенной впереди него труботолкающей поперечной балкой и размещенными на противоположных торцевых сторонах плужным ложекопателем и приямкокопателем, выполненным в виде продольно наклоненной стрелы и свободно подвешенного к ее оголовку грейферного ковша.

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.

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 (см. рис. 19.7, 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 а и б. 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 в коническую щель муфты заподлицо с ее торцом. Одновременно на вторую трубу надевают другое резиновое кольцо, размещая его на расстоянии б 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 б 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 однобуртовых муфт показана на рис. 19.10.

Расстояния а, б и их фиксирующие конечное положение муфты и резиновых колец расстояния в, г, д приведены в табл. 19.1.

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

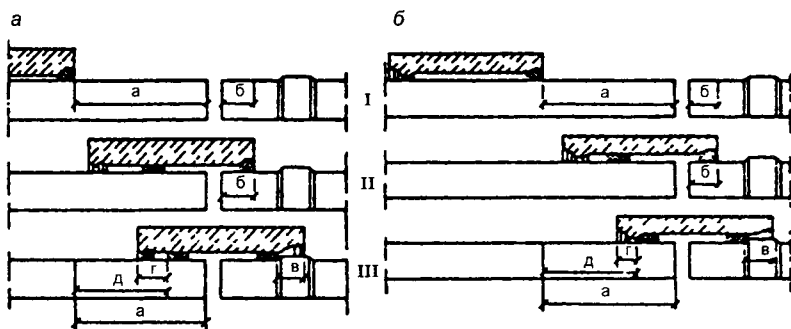


Рис. 19.10. Монтаж стыков труб с применением безбуртовых (а) и однобуртовых (б) муфт:

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

Таблица 19.1

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) — СМ. РИС. 19.10

Муфта	Расстояния, мм, от торца трубы до отметки на конце трубы		Расстояние от резинового кольца		
	без бурта, а	с буртом, б	от торца муфты со стороны		до его начального положения, д
			рабочей, в	нерабочей, г	
Железобетонная: предварительно напряженная с металлической обечайкой	360	80	70	50	250
	370	70	70	20	255
Асбестоцементная: с буртом без бурта	330	70	60	50	230
	330	80	60	70	230

уплотнением резиновыми кольцами ведут теми же методами, что и напорных. Заделку стыков пеньковой прядью производят путем конопатки раструба на половину его глубины двумя-тремя витками

просмоленной или битуминизированной пеньковой пряжи 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 пеньковой пряжью и затирают цементным раствором состава 1 : 1 с устройством снаружи пояса из этого раствора.

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 пряжью и заделывают цементным раствором; обертывают стык арматурной сеткой и смоноличивают его. Стыки труб диаметром 2000–4000 мм, укладываемых на бетонное и железобетонное основание, заделывают торкретом по арматурной сетке (см. рис. 24.34).

19.5. 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 соединяются таким же способом.

Трубы из ПВХ соединяются в основном на клею (марки ГИПК-127) врасруб. Однако учитывая, что требуется тщательная очистка склеиваемых поверхностей и аккуратное нанесение клея, не допускаются деформации стыков, наблюдается воздействие клея на долговременную прочность ПВХ, а в процессе работ выделяются вредные вещества, в последнее время для соединения труб из ПВХ широко используются раструбные соединения, уплотняемые резиновыми манжетами различного профиля, а также кольца круглого сечения. В этом случае трубы выпускаются с раструбами, имеющими внутри кольцевые пазы. Для присоединения пластмассовых труб к металлическим применяются преимущественно фланцевые соединения. В местах прохода канализационных

труб из ПВХ через стенки колодцев в качестве гильз используются соединительные муфты с одним резиновым кольцом.

Сварка полиэтиленовых труб, чаще всего контактная, осуществляется встык (стыковая), в раструб с литыми фасонными частями и в формовочный раструб (раструбная сварка). При сварке труб особо следует обращать внимание на наружный диаметр труб и их эллипсность (овальность). При стыковой сварке максимальное несоответствие кромок не должно превышать 10 % толщины стенки, а наружный диаметр 900 мм и 1,5 мм – диаметром до 1200 мм. Концы труб при раструбной сварке должны иметь наружную фаску под углом 45°.

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. 19.2.

Склеивание поливинилхлоридных (винипластовых) 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 метилхлоридом. 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. Технология их соединения с использованием

Таблица 19.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ

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

резиновых колец аналогична вышеописанной. Для сборки раструбных соединений напорных и канализационных труб применяют натяжные приспособления.

Оборудование для сварки и монтаж пластмассовых трубопроводов.

Для сварки труб из полиэтилена разработаны и выпускаются передвижные установки и монтажные приспособления. Сейчас используются 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. 19.11, а, б) включает подвижный и неподвижный хомуты для зажима труб, механизм обработки торцов труб перед сваркой, электронагревательный 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. 19.13, в. В ее состав входят гидроцилиндры подъема и

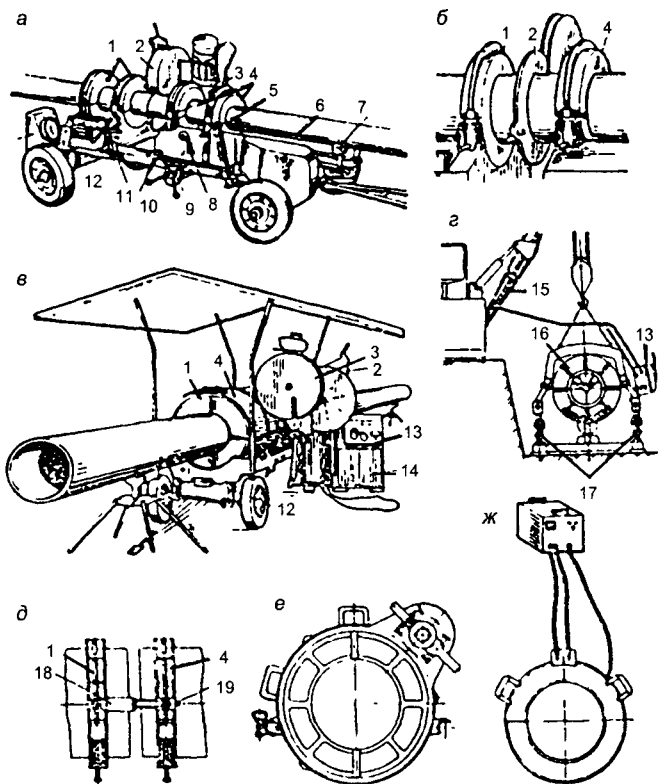


Рис 19.11. Установки и оборудование для сварки пластмассовых (полиэтиленовых) труб:

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 — торцевальный механизм; 4 — подвижные хомуты; 5 — переключатель; 6 — привариваемая труба; 7 — ролик; 8 — манометр для контроля усилий; 9 — система переключений; 10 — зажим; 11 — привод торцевального механизма; 12 — тележка; 13 — пульт управления; 14 — навесная станция; 15 — трубоукладчик-бульдозер; 16 — сварочная установка; 17 — направляющие пути; 18 — гидроцилиндры; 19 — направляющие

опускания механизма для обработки торцов труб, роликовые опоры и шатер. Установка для сварки труб диаметром 710 – 1200 мм (рис. 19.11, з) состоит из собственно сварочной установки, переносных направляющих на опорах, базовой грузоподъемной и энергопитающей машины.

Наряду с указанными передвижными установками для сварки пластмассовых труб диаметром 110 – 800 мм используют также комплекты оборудования, разработанные трестом Спецстроймеханизация (рис. 19.11, д, е, ж).

Укладка пластмассовых трубопроводов в траншею выполняется по двум основным схемам организации сварочно-монтажных работ – **базовой** и **трассовой**. При базовой схеме сварку труб выполняют вблизи объектного их склада с предварительным соединением труб в секции длиной до 18–24 м и более, которые доставляют на трассу и там их 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 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 полотенцах. 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 (секциям) 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. Плеть в траншею опускают вручную (при небольшом диаметре труб) или с помощью кранов. Укладывать плетью 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. Отторцованные трубы спускают в траншею и укладывают на зажимы сварочной установки, затем их сваривают, после чего трубопровод протягивают вперед лебедкой или другими механизмами.

ГЛАВА 20. ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ

20.1. 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, 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.

Трубы вдоль траншеи раскладывают на расстоянии не менее 1–1,5 м от бровки траншеи (рис. 20.1, *a*), располагая их в таком направлении, в каком они должны быть уложены в траншее (т.е. против движения жидкости по будущему трубопроводу).

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. 20.1, *a*), а кранами-трубоукладчиками – в том случае, когда трубы разложены таким образом (см. рис. 20.2), когда не требуется поворот крана.

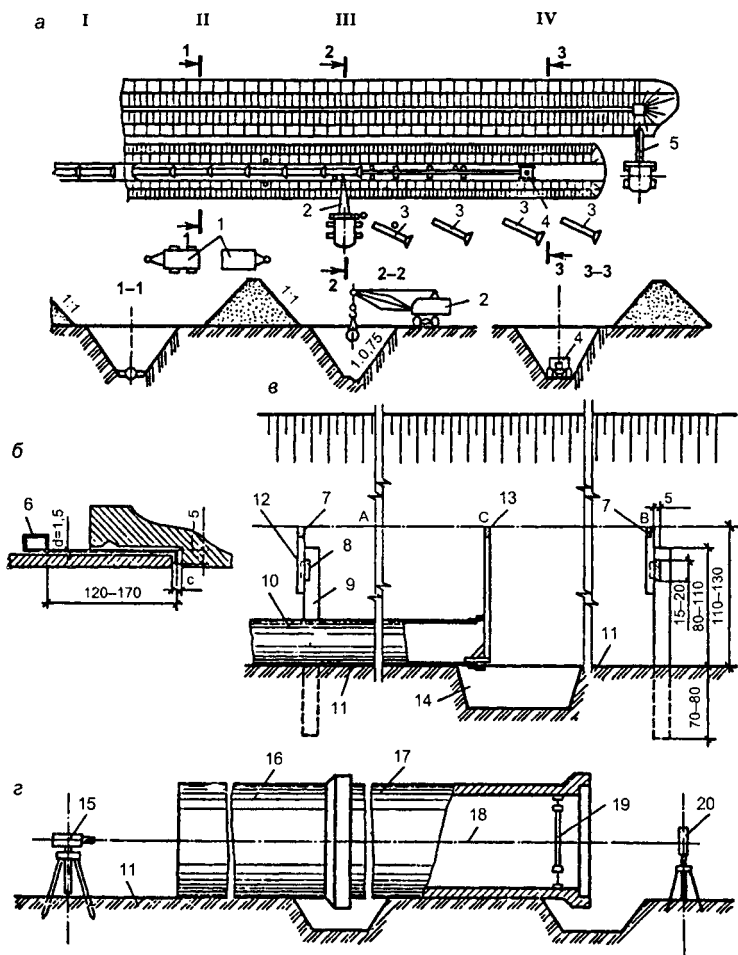


Рис. 20.1. Схема укладки чугунных труб в траншею:

I — 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

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. 20.1, б), который после ввода в раструб поворачивают на 90°.

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 трубы центрируют с помощью отвеса, подвешенного к тонкой проволоке, которую натягивают между обносками по оси трубопровода. Центрирование в вертикальном направлении часто необходимо для укладки труб по заданному уклону и поэтому положение раструбного конца укладываемой трубы проверяют или путем визирования, или с применением лазерного нивелира. При способе визирования в начале и конце укладываемого участка трубопровода устанавливают обноски (рис. 20.1, 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, визирная 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. 20.1, 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 — над траншеей.

При укладке труб по заданному уклону с помощью лазерного нивелира (рис. 20.1, г) его устанавливают в начале участка и налаживают так, чтобы его луч в точности совпадал с продольной осью трубопровода.

Схема организации работ при укладке труб краном-трубоукладчиком приведена на рис. 20.2.

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. В последнее время

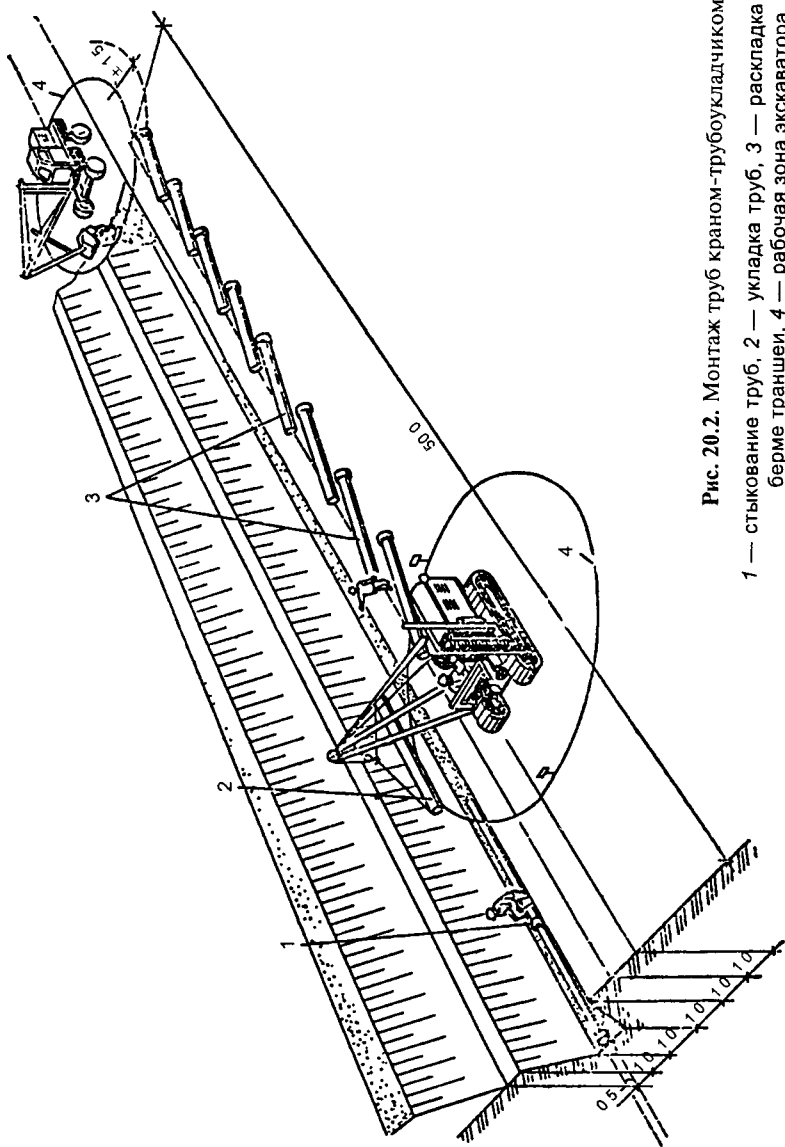


Рис. 20.2. Монтаж труб краном-трубоукладчиком.

1 — стыкование труб, 2 — укладка труб, 3 — раскладка труб на берме траншеи, 4 — рабочая зона экскаватора

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.

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 ввода гладкого конца в раструб с учетом необходимого зазора (рис. 20.3, а), после чего в паз раструба закладывают резиновую манжету (рис. 20.3, б). Одновременно наружную поверхность гладкого конца трубы до линии ограничения и внутреннюю поверхность манжеты смазывают графитно-глицериновой смазкой (рис. 20.3, в), а затем монтируемую трубу центрируют и с помощью монтажного приспособления вводят в раструб ранее уложенной до ограничительной линии (рис. 20.3, г). Поскольку при монтаже стыков чугунных труб на резиновых манжетах требуются большие усилия, применяют различные приспособления и устройства, приведенные на рис. 20.3, 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. 20.3). Основой простейшего из них является домкрат, расположенный между захватами укладываемой и ранее уложенной трубы.

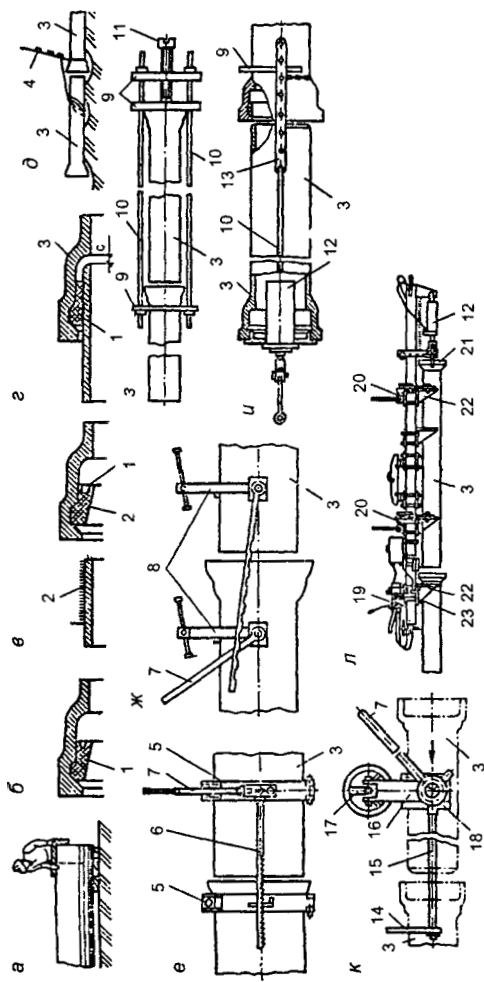


Рис. 20.3. Последовательность устройства стыков чугунных труб на резиновых манжетах и применяемые монтажные приспособления:

а — разметка линии ограничения ввода гладкого конца в раструб; б — закладка резинового 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»; 1 — резиновая манжета; 2 — смазка; 3 — монтажная труба; 4 — рычажно-тросовое приспособление; 5 — хомуты; 6 — зубчатая рейка; 7 — рычаг; 8 — винтовые захваты; 9 — упоры; 10 — тяга; 11 — винт с ручкой; 12 — гидроцилиндр; 13 — регулировочные планки; 14 — скоба; 15 — трос; 16 — корпус приспособления; 17 — винт со штурвалом; 18 — колодки; 19 — гидрораспределитель; 20 — грузозахватные устройства; 21 — быстроразъемные захваты; 22 — упорное седло; 23 — гидронасос

Однако в последние годы в целях ускорения и облегчения процесса монтажа чугунных труб на резиновых уплотнителях на практике созданы и применяются ряд новых более эффективных приспособлений в виде навесного оборудования. На рис. 20. 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.

Привод стыковочных устройств осуществляют от базовой машины, однако при производстве работ необходимо постоянное нахождение рабочих в траншее. Монтажные операции с бермы, т.е. без присутствия рабочих в траншее, выполняют навесным оборудованием, разработанным Тульским политехническим институтом и трестом Туласпецстрой (рис. 20.4, б).

Монтаж чугунных труб диаметром 300 мм на резиновых уплотнительных кольцах производят различными средствами, а зачеканку чугунных труб диаметром свыше 300 мм прядью – вручную.

В целях облегчения этого процесса разработано навесное оборудование для монтажа и зачеканки стыковых соединений чугунных труб волокнистыми материалами (рис. 20.4, в). Основным узлом этого навесного оборудования является стыковочный манипулятор.

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 на монтаже труб на резиновых уплотнительных кольцах.

В Главомскпромстрое 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.

Мастиками-герметиками заделывают стыковые соединения раструбных 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 с помощью пневматических установок.

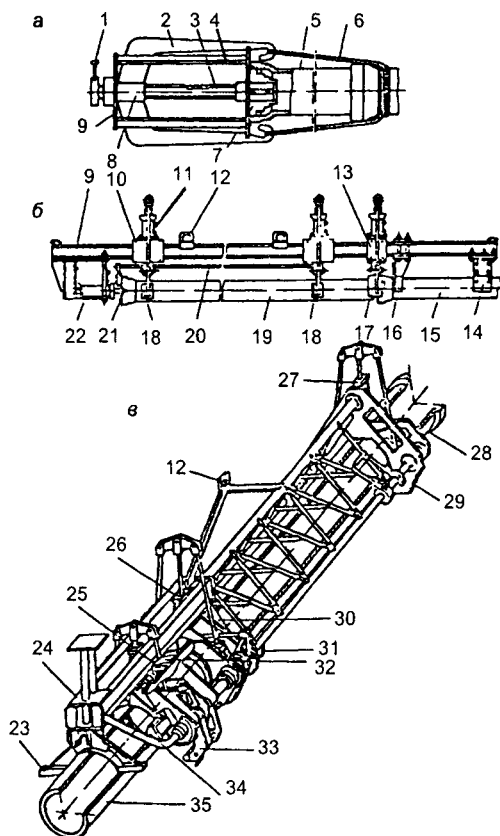


Рис. 20.4. Схемы устройств и навесного оборудования для монтажа чугунных труб:

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 хвата; 28 — труба укладываемая; 29 — захват неподвижный; 30 — упор правый; 31 — гидроцилиндр перемещения чеканов; 32 — чеканы; 33 — схват подвижного захвата; 34 — гидроцилиндр подачи трубы

20.2. 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. 20.5, *а*). Они бывают стационарные, полустационарные и полевые.

Переработка труб на стационарных базах организуется следующим образом. Трубы краном укладывают на приемных стеллажах, откуда подают на линию сборки (центровки), где с помощью центратора 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-перегрузатель, который подает ее на склад готовой продукции или на 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. 20.5, *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 изготавливают из отдельных секторов. Отвод с углом 90° состоит из четырех секторов: двух внутренних с углом 30° каждый и двух наружных с

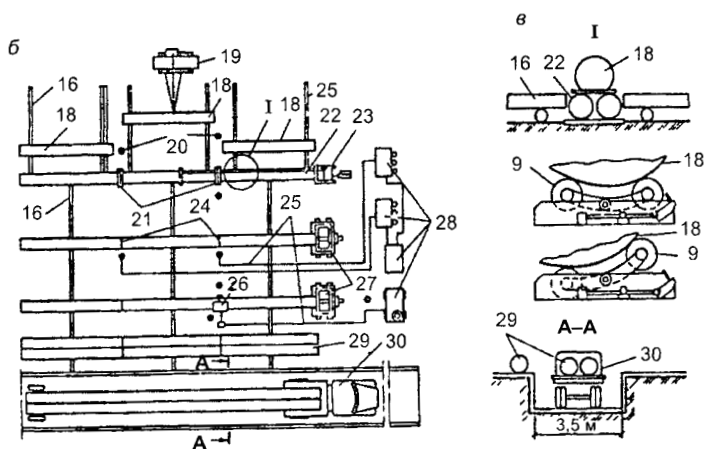
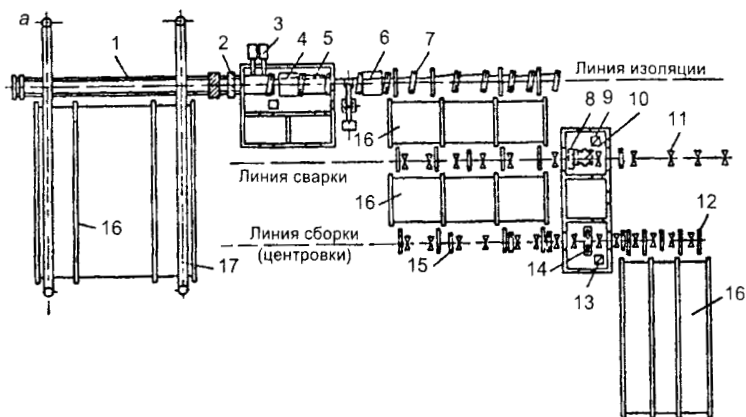


Рис. 20.5. Трубосварочные и трубоизоляционные базы:

а — стационарная база; б — полевая база типа БАС-1; 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 сварки труб; 15 — ролик продольного перемещения трубы; 16 — стеллажи; 17 — кран-перегрузчик; 18 — трубы; 19 — кран-трубоукладчик; 20 — сварщики, монтажники и машинисты; 21 — центратор; 22 — сварочный стенд; 23 — лебедка; 24 — корневые швы; 25 — кабель; 26 — окончатальная сварка стыка; 27 — торцовые вращатели; 28 — сварочные установки СЧУ-2; 29 — готовые секции труб; 30 — трубоплетевоз

углом 15° каждый. Отвод с углом 60° можно выполнять из двух секторов с углом 30° каждый. Отводы больших диаметров (600 мм и выше) можно изготовить как из листового металла, так и из труб.

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.

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 трубогибочных 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.

Минимально допустимые радиусы кривых при гнутье труб в холодном состоянии приведены в табл. 20.1.

Таблица 20.1

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	35	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 %.

20.3. СБОРКА, СВАРКА И ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБ И ТРУБНЫХ СЕКЦИЙ

Стальные трубы соединяют между собой на сварке, а в местах установки арматуры (задвижек, кранов, вентилей и др.) – на фланцах.

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, эксцентриковые и цепные, рис. 20.6, *а–в*) и внутренние (гидравлические, рис. 20.6, *г*). Благодаря синхронному действию разжимных кулачков центраторы автоматически обеспечивают калибровку и центровку торцов труб.

Дуговую сварку стальных труб (рис. 20.6, *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. 20.6, *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. 20.6, *е*). Неповоротные стыки труб больших диаметров при необходимости ускорения производства работ сваривают одновременно два или три сварщика по схемам, приведенным на рис. 20.6, *и, к, л*.

Качество сварных соединений труб в значительной степени зависит от режима сварки, который определяют параметры и характер тока, его полярность, длина дуги, скорость сварки, амплитуда колебаний и вылет электродов, их размер и состав покрытия, температура основного материала труб в момент начала сварки. Так, увеличение

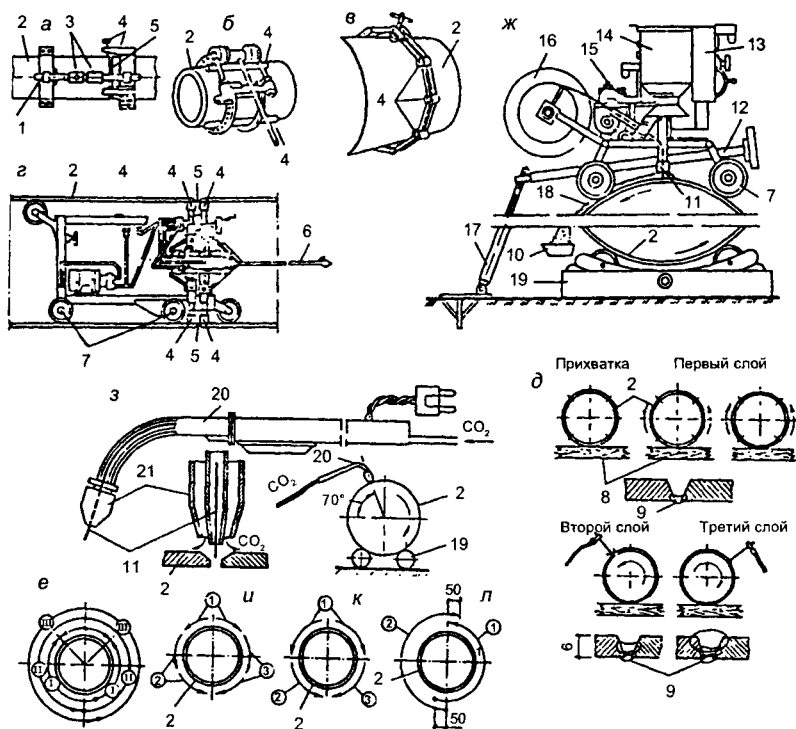


Рис. 20.6. Сборка и сварка стальных труб:

а, б — центраторы винтовой и эксцентриковые (для труб диаметром не более 350 мм); в — то же, наружный роликово-звеньевой (для труб 520–1020 мм); з — то же, внутренний гидравлический (для труб 520–1220 мм); ж — схема применения сварочной головки ПТ-56 для поворотной сварки стыков под слоем флюса; з — то же, для сварки корня шва шланговым держателем полуавтомата А-547-р; и, е — порядок наложения корневого слоя шва при сварке труб большого диаметра тремя сварщиками; л — то же, для заполнения 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 — проволока для сварки; 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 — штатив; 18 — флюс; 19 — штанговый держатель; 20 — головка держателя; 1, 2, 3 в кружках — позиции сварщиков; I, II, III — последовательность наложения шва неповоротного стыка

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 варки 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 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, названной «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. 20.6, ж), корневой шов – под защитой углекислого газа с помощью полуавтомата А-547р (рис. 20.6, з). Для сборки и сварки труб в секции длиной до 40 м в полевых условиях оборудуют трубосварочные 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.

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 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 протяженности от коррозии блуждающими токами, если необходимое смещение потенциала трубопровода не превышает 0,3 В. 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 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, а 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. При использовании для изоляции труб липких лент их наматывают на трубы специальными изоляционными машинами. Изоляционные работы по совмещенному методу непосредственно на трассе выполняются колонной машин, включающей краны-трубоукладчики, очистные и изоляционные машины, т.е. с совмещением процессов очистки, изоляции и укладки трубопровода в траншею.

20.4. 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. 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 плети с последовательным наращиванием их в приподнятом положении или на подкладках; 3) опуская плети непрерывной ниткой с бермы траншеи.

Изолированные трубы перед укладкой в траншею укрупняют в секции с изоляцией сварных стыков. Аналогично секции укрупняют в плети или непрерывную нитку (рис. 20.7, а). Трубы или секции вначале укладывают краном-трубоукладчиком на подкладки-лежки (рис. 20.7, б), а затем правят концы труб (рис. 20.7, в) и зачищают кромки (рис. 20.7, г).

Для центровки кромок соединяемых секций и фиксации требуемого зазора используют краны-трубоукладчики (рис. 20.7, д), внутренние и наружные центраторы (рис. 20.7, е). При сварке стыка кран-трубоукладчик поддерживает поданную секцию. Как правило, стык сваривают два сварщика (см. рис. 20.7, а), причем вначале подбирают режим и производят сварку первого (корневого) слоя (рис. 20.7, ж), а затем последующих (рис. 20.7, з, и).

Первый слой заваривают на $\frac{3}{4}$ его длины. Затем снимают центратор и переносят его для центровки следующего стыка, куда краном-трубоукладчиком подается очередная секция. Пока сварщики доваривают оставшуюся $\frac{1}{4}$ стыка первого слоя, монтажники готовят к сварке новый стык. Последующие слои этого стыка заваривает другое звено сварщиков, состоящее тоже из двух человек (рис. 20.7, 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. 20.7, 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 стальной части окружности трубы. После внутренней подварки и зачистки сборщики, расчищающие наружный слой шлака, перемещаются с

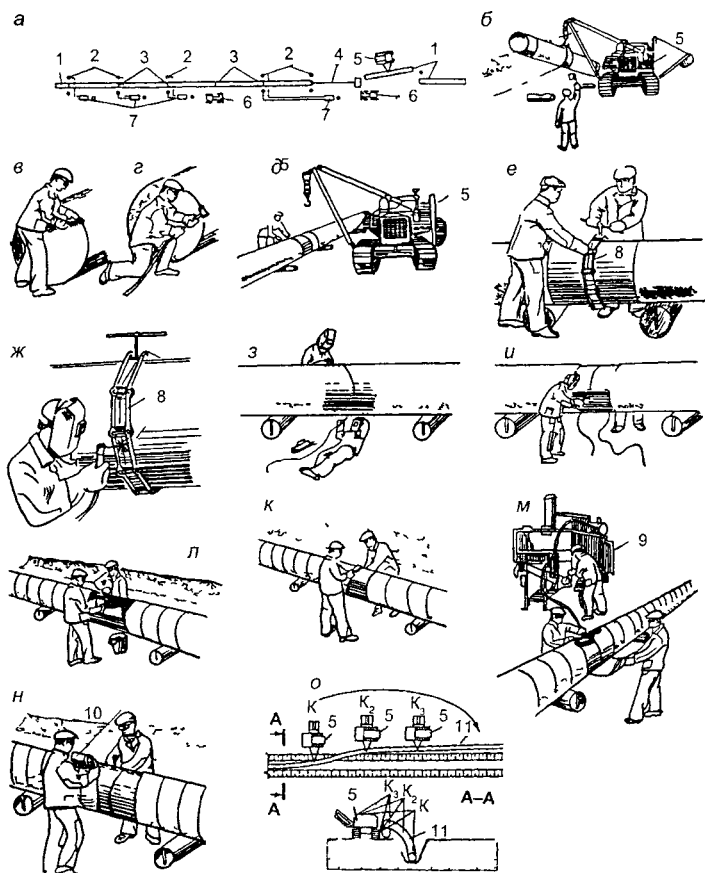


Рис. 20.7 Сборка и сварка изолированных труб и секций в плети и укладка их в траншею :

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, центратор стыка и его прихватка; ж — подбор режима сварки первого (корневого) 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; K_1 , K_2 , K_3 — краны-трубоукладчики

центратором на сборку следующего стыка, а сварщики накладывают остальные слои шва, включая облицовочный.

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 — фтористокальциевые 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 необходимо для ручной дуговой сварки использовать многопостовые сварочные агрегаты постоянного тока с двигателем внутреннего сгорания (АСДП-5002, СДУ-2 и др.).

Стыки сваренных труб или секций необходимо изолировать. Для этого вначале поверхность трубы на расстоянии 0,5 м по обе стороны от стыка очищают (см. рис. 20.7, *к*), а затем последовательно наносят грунтовку, мастику и рулонный оберточный материал. Грунтовку наносят на сухую поверхность сразу после очистки стыка (см. рис. 20.7, *л*), а мастику — в горячем виде (170–180°C), поливая поверхность стыка из шланга от насоса котла и растирая снизу полотноцем (см. рис. 20.7, *м*).

Рулонным материалом стыки обертывают по горячему битуму с нахлесткой витков 2–3 см (рис. 20.7, *н*). Очистку, грунтовку и изоляцию зон сварных стыков трубопроводов больших диаметров (1020–1420 мм) можно производить механизированно, применяя комплекс типа ИС, состоящий из очистной, грунтовочной и изоляционной установок, каждая из которых поддерживается и перемещается от стыка к стыку трубоукладчиком.

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 приямки, 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. 20.7, *о*), из которых

трубоукладчик K_1 опускает плеть на дно траншеи, высвобождает мягкий захват и переходит в новое положение перед трубоукладчиком K_3 . Затем трубоукладчик K_2 опускает плеть и переходит в положение впереди K_1 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 мм – 30 м; 720 мм – 35 м; 1020 мм – 30–40 м; 1220, 1420 мм – 30–40 м.

Во избежание повреждения изоляции захвата трубопровода, его подъем, перемещение и опускание следует производить при помощи мягких полотенец.

20.5. КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ПРОКЛАДКА СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Строительство стальных 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.

Способы изоляционно-укладочных работ и применяемые механизмы. Изоляционно-укладочные работы на трассе выполняются 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 передвигающихся 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. 20.8, а).

Однако магистральные трубопроводы чаще всего укладывают совмещенным методом, при котором все работы по очистке, изоляции и укладке трубопровода выполняет одна комплексно-механизованная изоляционно-укладочная колонна, имеющая в своем распоряжении всю необходимую технику (рис. 20.8, б).

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. 20.8, 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 должен быть сварен в непрерывную нитку. 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-механизованным способом очистку, изоляцию и укладку трубопровода в траншею.

Для очистки трубопровода применяют самоходные одно-, двухторные очистные машины, снабженные скребками и металлическими щетками типа ОМЛ и ОМ (см. рис. 8.1). Эти же машины наносят на очищенную поверхность грунтовочный слой, для этого их оснащают вторым рабочим органом – праймерным устройством. Для очистки и праймирования трубопроводов применяются 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.

Для изоляции очищенного трубопровода используют самоходные изоляционные машины двух типов: ИМ – для изоляции битумными покрытиями с последующей обмоткой армирующими и защитными

* Конструкции очистных и изоляционных машин рассмотрены в разделе I учебника (глава 8).

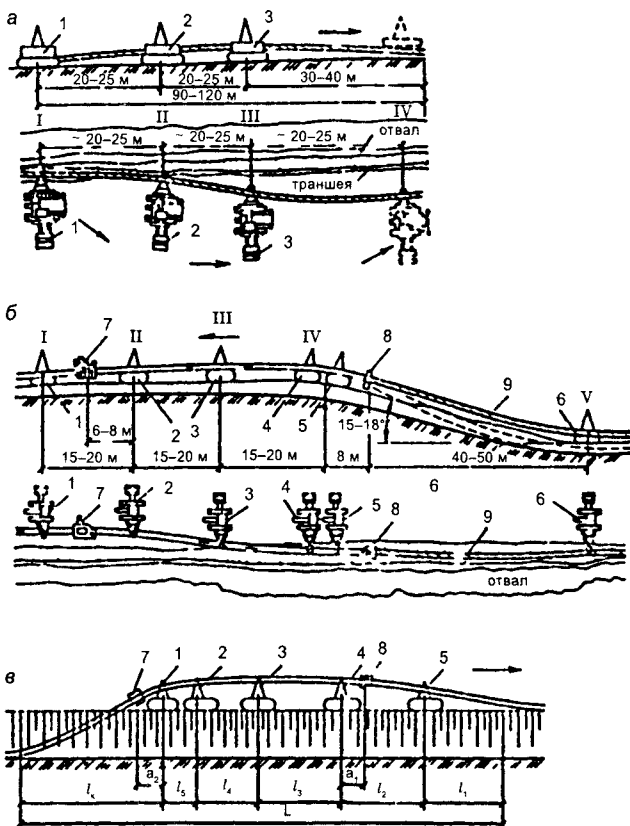


Рис. 20.8. Методы укладки стальных трубопроводов:

а и 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

рулонными материалами (стеклохолстом, бумагой, бризолом, гидроизолом); ИЛ — для изоляции трубопровода полимерными лентами.

Каждый тип машин выпускается 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 (см. рис. 8.4).

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 (см. рис. 8.4).

Технология комплексно-механизированной прокладки трубопроводов колонной машин. Для обеспечения нормальной работы очистной и изоляционной машин в процессе укладки трубопровода его поддерживают трубоукладчиками. 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. 20.8, 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. 20.8, б) как при

перемещении вдоль трассы, так и при многочисленных технологических остановках в течение смены.

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. 20.2, составленной применительно к общей схеме расстановки машин при укладке стальных магистральных водоводов, рассмотренных на рис. 20.8, в.

Таблица 20.2

НЕОБХОДИМЫЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ТРУБОУКЛАДЧИКАМИ, ОЧИСТНОЙ И ИЗОЛЯЦИОННОЙ МАШИНАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИАМЕТРА ПРОКЛАДЫВАЕМОГО ТРУБОПРОВОДА (рис. 20.8, в)

Диаметр трубопровода, мм	Необходимые расстояния, м								
	рабочие						контрольные		
	l_1	l_2	l_3	l_4	a_1	a_2	l_1	l_2	L
529	25	30	—	—	10	5	30	45	130
720	30	20	25	—	19	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

Количество кранов-трубоукладчиков в изоляционно-укладочной колонне зависит от способа прокладки трубопровода и его диаметра. На рис. 20.9 представлены рекомендуемые схемы расположения кранов-трубоукладчиков и сопутствующих машин в колонне для различных диаметров трубопроводов при их прокладке совмещенным методом, а на рис. 20.10 — то же при использовании комбайнов для очистки и изоляции трубопровода. Примерные расстояния между кранами-трубоукладчиками или их группами при этом даны в табл. 20.3.

При раздельном методе прокладки трубопровода рекомендуются другие схемы (рис. 20.11), а расстояния между кранами-трубоукладчиками при этом даны в табл. 20.4.

Как видно из этих схем, при раздельном методе прокладки трубопровода требуется меньшее количество кранов-трубоукладчиков. Например, если при совмещенном методе для прокладки трубопро-

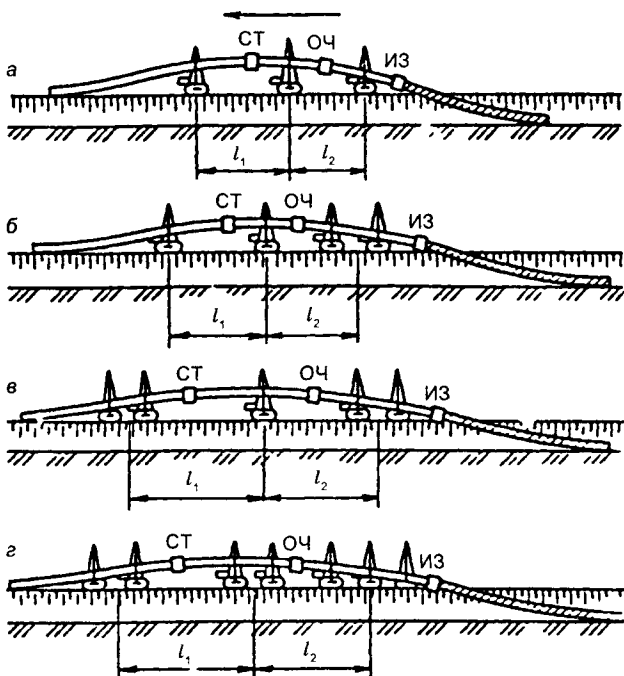


Рис. 20.9. Схемы расположения трубукладчиков и машин в изоляционно-укладочной колонне при совмещенном способе производства работ для трубопроводов различных диаметров:

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 трубукладчиками и группами трубукладчиков

вода диаметром 1420 мм требуется 7 кранов-трубукладчиков, то при раздельном методе — всего 4. Это обстоятельство в частности и вынуждает выбирать раздельный метод прокладки трубопроводов при нехватке кранов-трубопроводов, 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.

Новый бесподъемный способ прокладки таких трубопроводов, предложенный группой специалистов Ростовского инженерно-

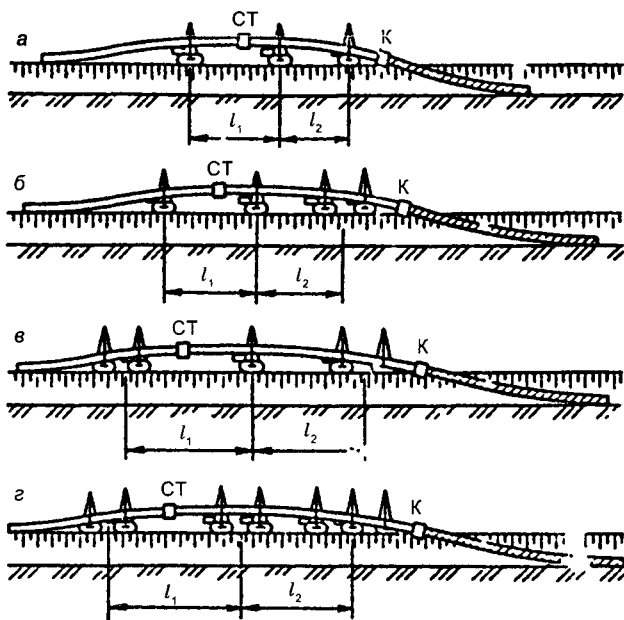


Рис. 20.10. Схемы расположения трубоукладчиков и машин в изоляционно-укладочной колонне при совмещенном способе производства работ для трубопроводов различных диаметров при использовании комбайнов:

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 20.3

Расстояния между 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

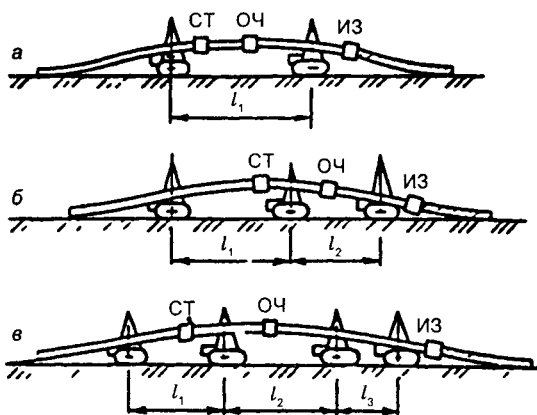


Рис. 20.11. Схемы расположения трубокладчиков и машин в изоляционно-укладочной колонне для трубопроводов различных диаметров при раздельном методе работ:

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 трубокладчиками

Таблица 20.4

РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ТРУБОКЛАДЧИКАМИ ПРИ РАЗДЕЛЬНОМ МЕТОДЕ РАБОТ

Диаметр трубопровода, мм	Расстояния между трубокладчиками (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

строительного института и проектно-конструкторского и технологического института «Южтрубопроводстройпроект» (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 $35\text{--}45^\circ$ 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 $33\text{--}46$ м от начала нитки трубопровода, вследствие чего конец трубопровода зависает в траншее и фиксируется между ее стенками. Вторую сдвижку трубопровода делают на расстоянии $46\text{--}58$ м от начала нитки, вследствие чего конец трубопровода длиной $200\text{--}250$ 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, так, он не требует подъема, перемещения и опускания трубопровода в траншею, для чего требуется $5\text{--}6$ 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.

В зимний период изоляционные работы осложняются отрицательным влиянием низких температур на применяемые изоляционные материалы. Поэтому изоляционное покрытие на трубопроводы допускается наносить при температуре не ниже -35°C . В зимних усло-

виях в районах крайнего Севера в состав колонны включают трубо-нагревательную 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 (невысохшей) грунтовке при температуре окружающего воздуха не ниже -40°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 однослойного покрытия — не менее 3 см, для двухслойного — на 50 % ширины ленты плюс 3 см.

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 следует производить их регулировку.

Трубы из углеродистой стали подвержены интенсивной коррозии, которая составляет в системах водоснабжения 0,05–0,8 мм/год. Этого можно избежать, используя стальные цементно-полимерные и цементно-песчаные покрытия внутри труб.

Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова разработана центробежная облицовочная машина МФТ-1,2/1,4 (рис. 20.12), 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

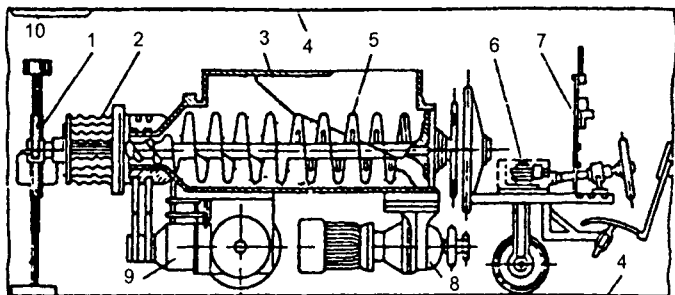


Рис. 20.12. Схема центробежной облицовочной машины МФТ-1,2/1,4 для внутренней изоляции стальных труб цементно-песчаным раствором:

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

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.

ГЛАВА 21. БЕСТРАНШЕЙНАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБ ПОД ДОРОГАМИ И ДРУГИМИ ПРЕГРАДАМИ

21.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БЕСТРАНШЕЙНЫХ СПОСОБАХ ПРОКЛАДКИ ТРУБ. НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТЬ ИХ 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 рядом неудобств для пассажиров, транспорта и, кроме того, влечет за собой удорожание работ, так как возникает необходимость восстановления дорожного покрытия и элементов благоустройства в месте перехода.

Более перспективными 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 (табл. 21.1).

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 крупноразмерные сварные прямо- или спирально-шовные трубы.

Длину кожуха определяют исходя из ширины дорожного полотна (или дорожной насыпи) и рекомендуемых нормативных расстояний. Предохраняют кожухи от коррозии асбесто- или песчано-цементными, асфальтоцементобитумными, эпоксидными или полимерными антикоррозийными покрытиями, наносимыми на их поверхность.

Закрытую прокладку труб кожухов (футляров) выполняют в основном способами прокола, продавливания, горизонтального бурения, а

Таблица 21.1

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					

для прокладки коллекторов и тоннелей применяют шитовой и штольневый способы подземных проходов.

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 большого 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 применяются 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.

Размеры рабочего котлована определяют в зависимости от диаметра прокладываемого трубопровода, глубины его заложения и конструкции направляющей рамы.

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.

Выбор бестраншейного 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. 21.2.

21.2. 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. 21.1, *а–д*. Иногда применяют расширительные пояса с заглушками (рис. 21.1, *р, ф*). При небольшой длине прокола трубы прокалывают открытым концом (рис. 21.1, *к*).

Тип и количество вдавливающих устройств, способных развить требуемое усилие, выбирают в соответствии с необходимым расчетным усилием вдавливания, которое зависит от диаметра и длины прокладываемого трубопровода, а также вида грунта. Необходимое нажимное усилие для продвижения в грунте прокладываемой трубы определяются расчетом по формуле

Таблица 21.2

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Способ	Трубопровод		Наилучшие грунтовые условия применения	Скорость проходки, м/ч	Необходимое усилие вдавливания, кН	Ограничения к применению способа
	диаметр, мм	длина, м				
Прокол:						
механический с помощью домкратов	50–500	80	Песчаные и глинистые без твердых включений	3–6	148–2450	В скальных и кремнистых грунтах не применяется
гидропроколом	100–200 400–500	30–40 20	Песчаные и супесчаные	1,6–14	250–1600	Способ возможен при наличии источников воды и мест для сброса пульпы
вибропроколом	500	60	Несвязные песчаные, супесчаные и плавунуны	3,5–8	5–7,5	В твердых и скальных грунтах не применяются
грунтопрокалывателями	89–108	50–60	Глинистые	2,5–2	—	То же
пневмопробойниками	300–400	40–50	Мягкие грунты до III группы	30–40 (без расширителей)	0,75–25	В грунтах с повышенным водонасыщением и с малым сцеплением не применяется
Продавливание	400–2000	70–80	В грунтах I–III групп	0,2–1,5	4500	В плавунных грунтах способ не применим. В твердых породах может быть применим лишь для продавливания труб максимального диаметра
Горизонтальное бурение	325–1720	40–70	В песчаных и глинистых грунтах	1,5–19	—	При наличии грунтовых вод способ не применяется

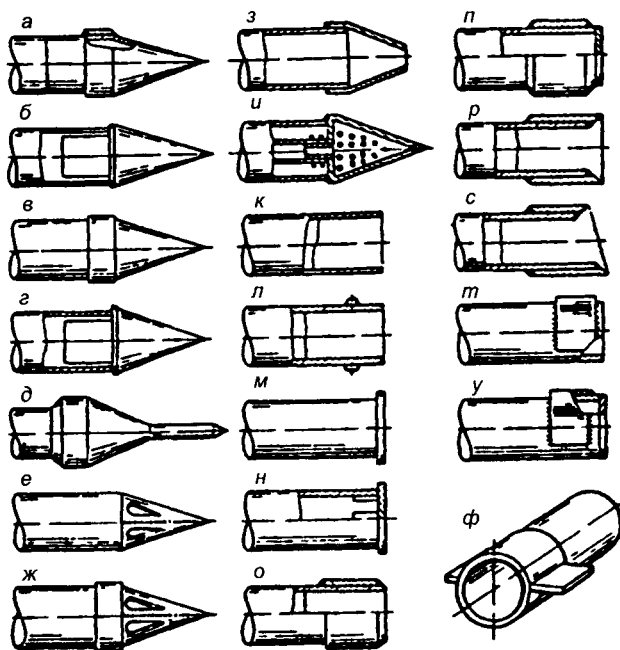


Рис. 21.1. Наконечники для бестраншейной прокладки труб способом прокола:

а, б, в — конусные; г — конусный с эксцентриситетом; д — конусный со штырем; е, ж — конусный с щелевыми 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; у — то же, с приварной заглушкой; ф — кольцевой нож с направляющими пластинками (стабилизаторами)

$$P = \frac{\pi R_c^2 \sigma_{\text{упл}}}{u_0} + M_1 L f,$$

где R_c — радиус сечения отверстия (скважины) в грунте; $\sigma_{\text{упл}}$ — коэффициент сопротивления грунта; u_0 — пористость грунта до прокалывания;

M_T – масса 1 м трубы (футляра), кг; L – длина проходки (прокола), м; f – коэффициент трения стали о грунт.

Приблизительные нажимные усилия, определяют по графику на рис. 21.2.

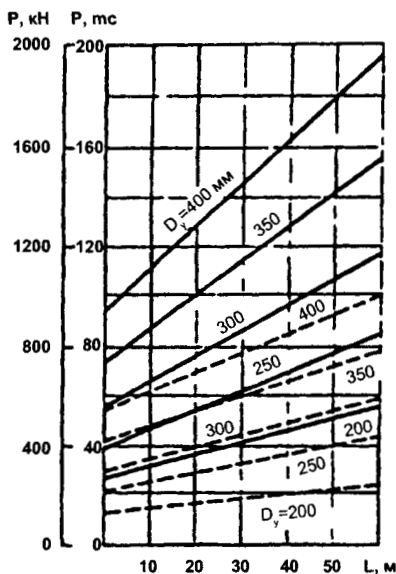


Рис. 21.2. График для определения необходимого усилия для прокола труб разных условных диаметров D_y на длину L , м, в песчаных (—) и глинистых (---) грунтах

Усилия, требующиеся для прокола труб, колеблются в пределах от 150 до 2000 кН. Определив 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/см²).

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 на всю длину трубопровода.

Шомпола делают из труб с отверстиями по бокам, расстояние между которыми соответствует длине хода штоков домкратов. Шомпола бывают внутренние,двигающиеся внутри прокальваемой трубы, и наружные, охватывающие трубу снаружи.

При использовании шомпола по мере вдавливания звена одновременно с обратным ходом штоков домкратов шомпол выдвигается назад, стержень 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. 21.3, *а*, показана наиболее распространенная схема бестраншейной прокладки труб (кожухов) способом прокола с применением гидродомкратной установки и комплекта нажимных патрубков.

Для бестраншейной прокладки стальных труб диаметром 104–630 мм на длину до 80 м грунтах I–IV групп (без крупных включений) способом прокола применяют установки ГПУ-600 (рис. 21.3, *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, и цикл работ повторяют и так до полного прокола всего трубопровода.

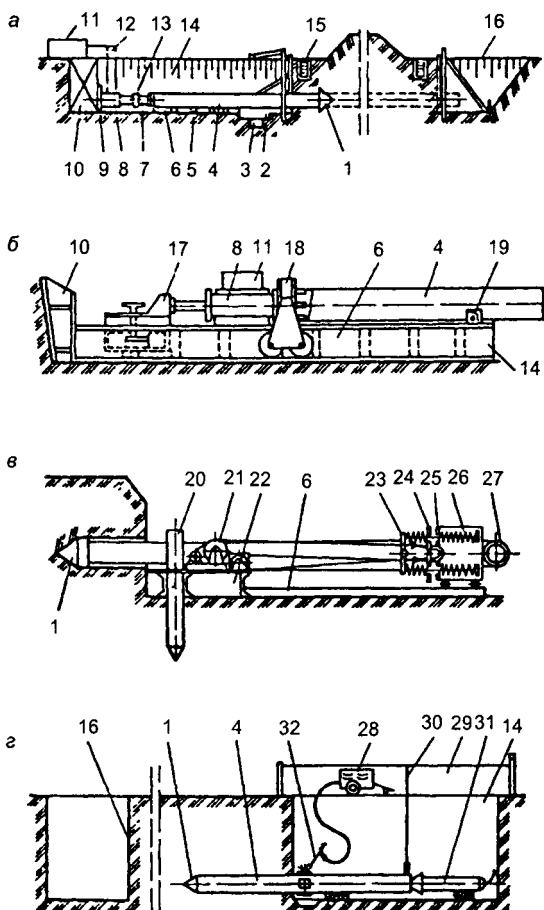


Рис. 21.3. Способы прокола труб:

а — общая схема работ; б — прокол установкой ГПУ-600; в — вибропрокол установкой УВВГП-400; г — прокол труб с помощью вибропробойников; 1 — накопчик; 2, 3 — прямки; 4 — прокалываемая труба; 5 — шпалы; 6 — направляющая рама; 7 — нажимной патрубок; 8 — гидродомкраты; 9 — упорный 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 — причалка; 30 — отвес; 31 — пневмопробойник; 32 — сварка труб

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.

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.

Бестраншейную прокладку трубопровода в несвязных песчаных, супесчаных и плавунных грунтах ускоряют способом вибропрокола. В установках для вибропрокола применяются 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. 21.3, 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. 21.5, 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 применяются механические грунтопрокалыватели и пневматические пробойники типов ПР-60 (СО-144), ИП-4605, ИП-4603, ПР-400 (СО-134) и М-130. Пневмопроходка с помощью указанных

пневмопробойников типа «Крот» применяется 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. Пневмопробойник представляет собой самодвижущуюся 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 восприятия усилий в момент запуска пневмопробойника из приемка и увеличения точности проходки используют стартовые устройства, создающие силы трения на его корпусе (для пневмопробойников ИП-4603, ИП-4605) либо поджимающие его к забою (СО-134). Для уменьшения искривления скважины в сложных условиях и при значительной длине проходки к пневмопробойнику крепят специальную насадку – удлинитель. При обеспечении точного запуска пневмопробойника отклонение скважины от проектного положения на длине 20 м, как правило, не превышает 0,2–0,3 м по вертикали и 0,05–0,1 м по горизонтали.

При проколе стальных труб с помощью пневмопробойников (рис. 21.3, г) их используют в качестве ударного узла, присоединенного к заднему торцу трубы и забивающему ее в грунт. На переднем торце 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).

С помощью пневмопробойника можно заменять старые трубы подземной прокладки новыми того же или большего диаметра. Для этого первую секцию нового трубопровода присоединяют к удаляемому (в случае разных 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. Длина извлекаемых труб зависит от грунтовых условий (сцепления грунта с поверхностью трубы). При извлечении труб из грунта пневмопробойник используют в качестве ударного механизма, прикрепленного к переднему торцу трубы с помощью специального приспособления.

21.3. 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 :

$$P = q_c l + [2 + (1 + \xi_0)P_1 + M_T] L \lg \varphi,$$

где q_c – удельное сопротивление вдавливанию ножа в грунт, кН; l – периметр ножа, м; ξ_0 – коэффициент бокового давления грунта; M_T – масса 1 м трубы (футляра), кг; L – длина продавливания трубы, м; $\lg \varphi$ – коэффициент трения трубы о грунт; P_1 – вертикальное давление на 1 м длины трубы;

$$P_1 = \rho D_k^2 / (3t_{кр}),$$

где ρ – плотность грунта, т/м³; D_k – диаметр кожуха (футляра), м; $t_{кр}$ – коэффициент крепости грунта по проф. М.М. Протодьякову.

Приближенное необходимое усилие для продавливания трубы

$$P = \pi D_{тр} L,$$

где I – сила трения грунта по поверхности трубы, равная 20–25 кН на 1 м² поверхности трубы, м; $D_{тр}$ – 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. 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.

Способ продавливания бывает с ручной разработкой грунта и механической (рис. 21.4).

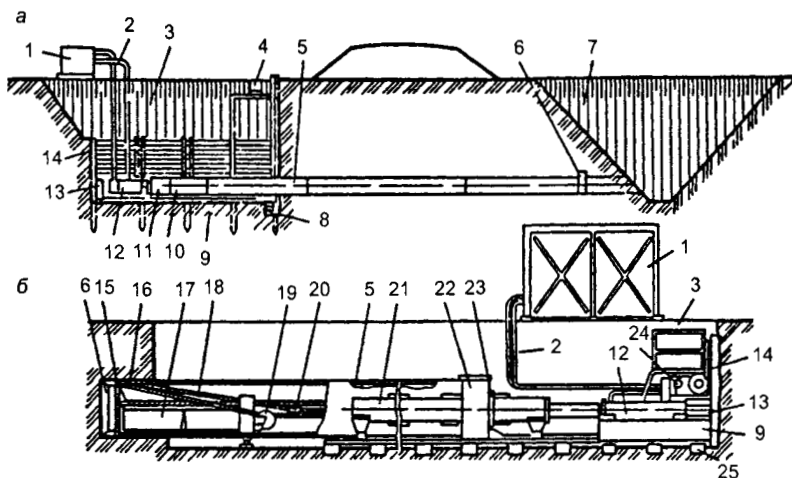


Рис. 21.4. Установки для прокладки труб методом продавливания:

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); 7 — приемный котлован; 8 — приямок для сварки труб; 9 — направляющая рама; 10 — нажимной патрубок; 11 — нажимная заглушка; 12 — гидродомкраты; 13 — башмак; 14 — упорная стенка; 15, 18 — канаты; 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 мало эффективно. Поэтому для бестраншейной 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. 21.4, 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/см²) 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, 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 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. Опорожненный 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, двухбарабанной 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.

Бестраншейную 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. 21.5, 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 в отвал или на транспорт.

Виброударной установкой УВГ-51 (рис. 21.5, б) можно продавливать трубы (кожухи) диаметром 530–1020 мм, причем диаметром до 530 мм без эвакуации грунта из скважины, а диаметром до

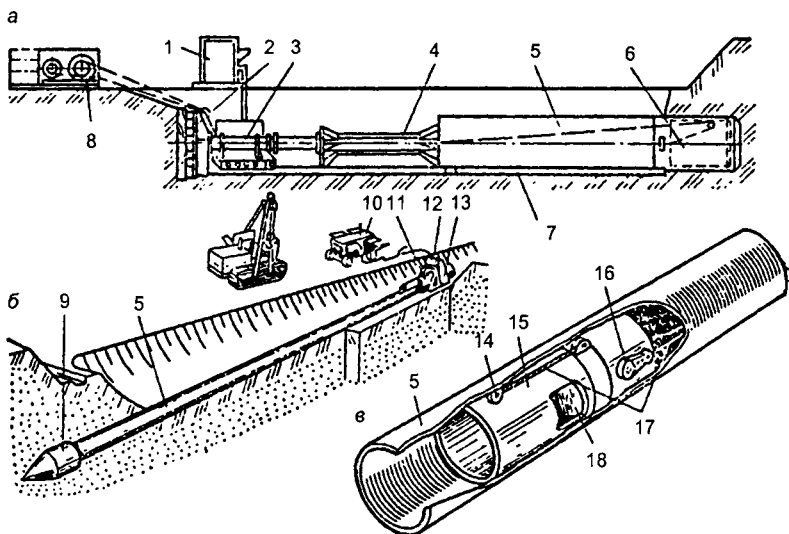


Рис. 21.5. Установка У-12/60 для продавливания труб больших диаметров и виброударная установка УВГ-51:

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

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.

Внутри трубы (кожуха) помещают виброударную желонку (рис. 21.5, б). При проходке труба (кожух) 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 кожуха на дно траншеи.

Процесс проходки состоит из отдельных периодически повторяющихся циклов, в которых каждое внедрение в грунт трубы на 1–5 ди-

аметров чередуется с выбором грунтового керна виброударной желонкой.

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 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.

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 вагоноопрокидывателя и опорной плиты.

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. 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.

21.4. ПРОКЛАДКА ТРУБ СПОСОБОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРЕНИЯ

Процесс бурения и прокладки звеньев трубопровода в скважину может быть раздельным и совмещенным. При раздельном 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 типа «Запорожье» с циклическим удалением грунта, 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. 21.6, 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 осуществляется фрезерной головкой, а удаление разрыхленного грунта – винтовым конвейером. На рис. 21.6, 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 тубы-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 тубы-лидера.

На рис. 21.6, в, показана машина ПМ-800-1400 общей массой 11,2 т, предназначенной для прокладки труб диаметром 830, 920, 1020, 1120, 1220, 1320 и 1420 мм в любых грунтовых условиях, кроме пльвунов и скальных пород. Установка при установленной 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

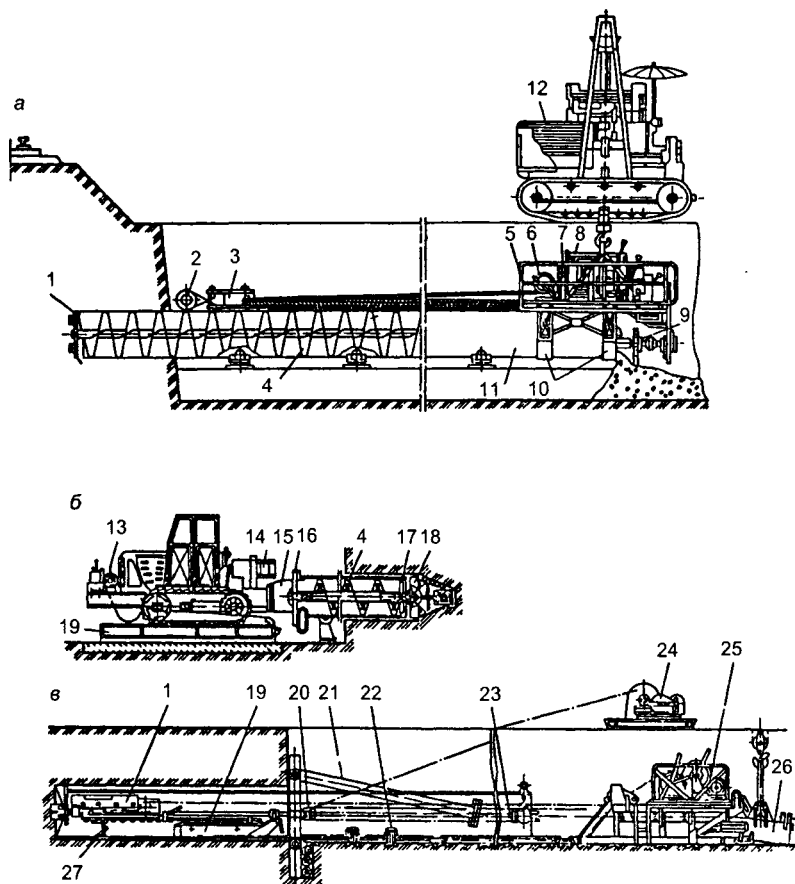


Рис. 21.6. Бестраншейная прокладка труб способом горизонтального бурения установками типа УГБ и ГБ (а), УГБ на тракторе (б) и ПМ-800-1400 (в):

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

загрузки вытягивают из трубы с помощью специальных устройств, разгружают либо в прямок, либо в емкость.

Способом горизонтального бурения можно проходить выработки для бестраншейной прокладки трубопроводов практически любых диаметров с относительно меньшими усилиями, чем при проколе или продавливании. 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 раскаты. 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. 21.7).

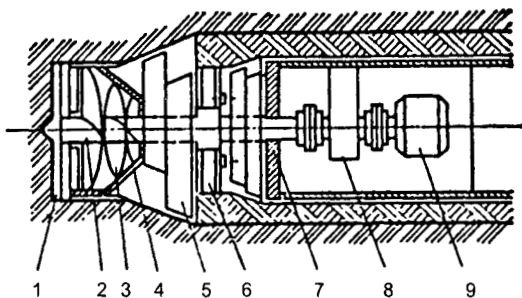


Рис. 21.7. Горизонтальное бурение выработки под трубопровод грунтораскатывающей установкой:

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.

Для прохождения скважины пневмопробойник запускают в грунт из входного приямка в направлении приемного (рис. 21.8). В процессе движения он своим коническим передним концом уплотняет

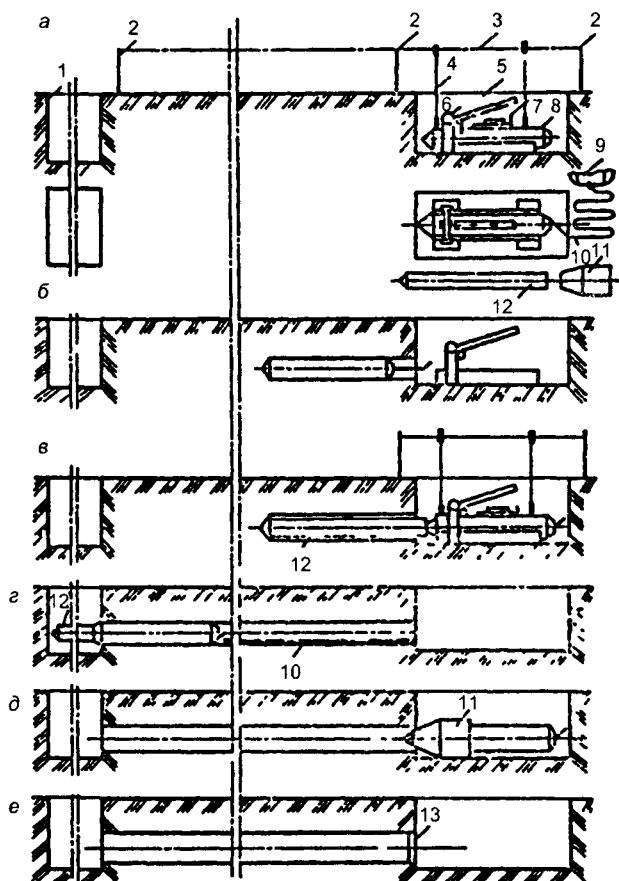


Рис. 21.8. Схема производства работ при пробивке скважин пневмопробойником:

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 — удлинитель; 13 — заглушка

грунт, раздвигает его в сторону и образует скважину. 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.

Для прокладки стальных труб с помощью пневмопробойников их используют в качестве ударного узла, присоединенного к заднему торцу и забивающему ее в грунт (рис. 21.9, 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 усилием стыков продольными накладками (рис. 21.9, 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. 21.9, 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 пневмопробойник используют в качестве ударного механизма, прикрепленного к переднему торцу трубы (рис. 21.9, г).

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.

При использовании пневмопробойников благодаря их осевой симметрии и значительной длине (1,4–1,7 м) в основном сохраняется при движении в грунте заданное направление.

21.5. 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

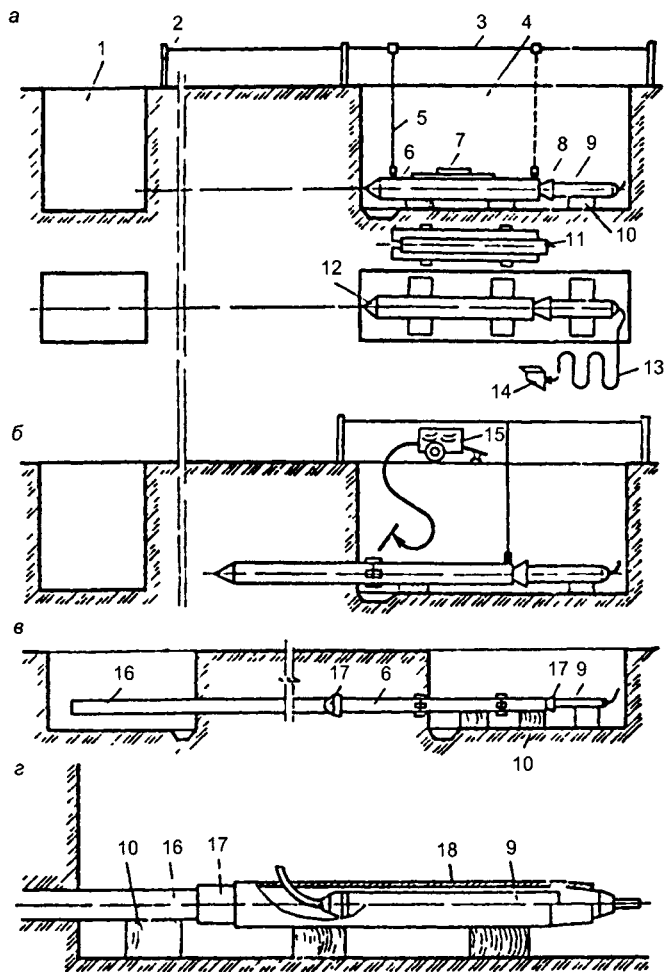


Рис. 21.9. Схема прокола стальной трубы (футляра) с помощью пневмопробойника:

1 — приемный приямок; 2 — вешки; 3 — шнур; 4 — входной приямок; 5 — отвес; 6 — головная секция забиваемой трубы; 7 — линейка с уровнем; 8 — насадка; 9 — пневмопробойник; 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

одиночных труб или плетей длиной до 36 м. После испытания и устранения дефектов на него наносят слой антикоррозионной изоляции, для предохранения которой от механических повреждений при прокладке трубопровода его в пределах футляра футеруют 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 краны-трубоукладчики грузоподъемностью 12–35 т. Перед проталкиванием на дне котлована делают направляющую дорожку из шпал, уголков и рельсов, на которую после смазки солидолом укладывают трубопровод. 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 крана-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, краны-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.

21.6. 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.

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 вдавливается 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 с наружным диаметром 2–5 м, которые в зависимости от способа разработки грунта в забое и его транспортировки подразделяются 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 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 посередине 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.

Механизированные щиты 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 и экскаваторными 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 съемными кузовами. Рабочий орган с помощью гидравлических домкратов выдвигается вперед на расстояние до 1 м независимо от движения щита и одновременно с перемещением

конвейера-перегрузателя. 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 съемными кузовами, вагонетки, тележки-блоковозки, электрокары) и вертикального (клетьевые подъемники, стреловые краны и т.д.) транспорта. Механизированный щит с экскаваторным рабочим органом разрабатывает грунт по принципу обратной лопаты. Грунт из ковша выгружается 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. 21.10, а). 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 краном 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 бадьевое отделение для подъема вагонеток или их кузовов с грунтом, а также подачи

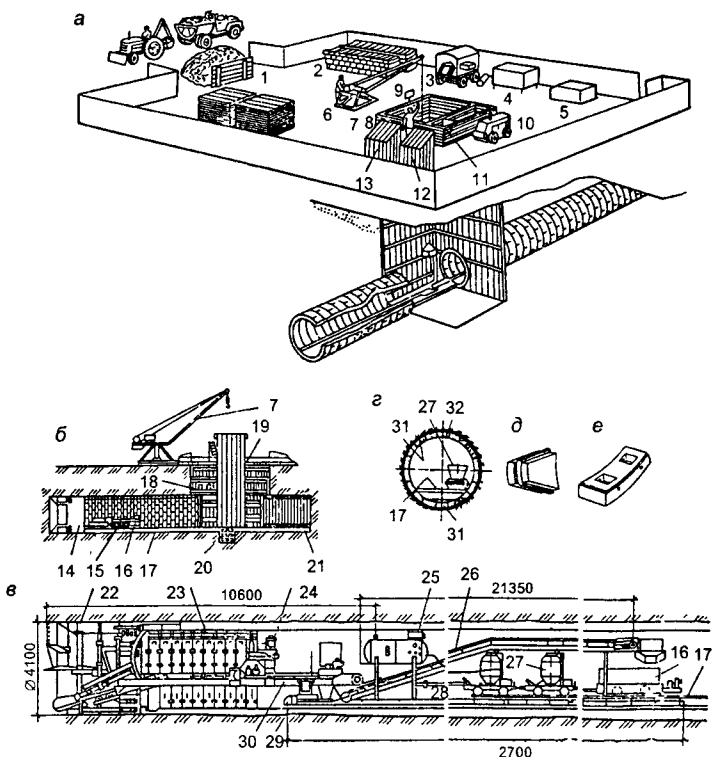


Рис. 21.10. Схемы организации площадки при щитовой проходке тоннеля (коллектора) и щитопроходческих работах:

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 — приямок; 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 — транспортерный мост; 31 — блоки обделки; 32 — замковый блок

необходимых материалов для щитопроходческих работ, для чего над бадьевым отделением устанавливают стреловой кран.

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 1,2; 2,6; 3,2 и 4 м. В твердых грунтах, когда невозможно использовать комплексы КЩ, проходку ведут немеханизированными щитами с ручной разработкой грунта (рис. 21.10, 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 немеханизированных щитах отличается повышенной трудоемкостью. Поэтому всегда, когда позволяют грунтовые условия, следует применять механизированные щитовые комплексы (рис. 21.10, 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. 21.10, в). Разработку грунта ведут сверху вниз и поэтому сначала крепление с верхней части забоя снимают, но 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.

В водонасыщенных и слабых грунтах щитопроходческие работы значительно усложняются. 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 игло-фильтрами или погружными насосами в скважинах. В тех случаях, когда из-за чрезмерно малой величины коэффициента фильтрации грунтов применить водопонизительные 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 воздухонепроницаемых перегородок и шлюзов, необходимых для прохода людей и транспортировки материалов и породы.

Обделку тоннелей (коллекторов) устраивают из сборных элементов (блоков или тюбингов) (рис. 21.10, *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. 21.10, *з*). Блоки можно укладывать с постепенным убираанием 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 некоторых 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 3,6 м блокоукладчик 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 раствором на расширяющемся цементе.

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. 21.10, в). Проходческий комплекс состоит из щита (применяются 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 пневмоподатчиками. Бетон подают в запалубное пространство через устройство в прессующем кольце по бетоноводу от пневмоподатчиков. 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.

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. Чугунные и стальные трубопроводы в тоннеле укладывают методом наращивания. Трубы по тоннелю перемещают на специальных тележках.

21.7. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

При продавливании труб, железобетонных колец и других элементов с ручной разработкой грунта пребывание рабочих внутри трубопровода (коллектора) допускается (согласно СНиПу), если их диаметр не менее 1200 мм и длина не более 40 м при длительности непрерывного пребывания рабочего внутри трубопровода не более 1 ч с интервалами между циклами работы не менее 30 мин. Трубопровод протяженностью более 10 м необходимо проветривать системой принудительной вентиляции. Продавливание труб с ручной разработкой грунта допускается только при условиях, исключающих прорыв в забой воды, газов, сточных вод и при обеспечении с рабочими двусторонней связи. Разработку грунта внутри трубы допускается вести только при заполнении конца трубы грунтом не менее чем на длину ножа, за пределами его разрабатывать грунт вручную запрещается.

Для освещения места работы и сигнализации в подземных выработках допускается применять сети напряжением не более 36 В, а в стесненных и влажных условиях — не более 12 В. При продавливании труб и других элементов рабочим запрещается находиться вблизи нажимных патрубков.

При щитовой проходе тоннелей (коллекторов) смонтированный щит, его механизмы и приспособления разрешается вводить в действие лишь после их приемки по акту. Грунт разрабатывать следует только в пределах козырька щита. Нельзя передвигать щит на расстояние, превышающее ширину кольца обделки. В неустойчивых, слабых грунтах лоб забоя следует крепить временной крепью, а в сыпучих грунтах надо применять, как правило, щиты с горизонтальными полками, число которых принимают исходя из условий обеспечения устойчивости откоса грунта. Передвигать щит разрешается только в присутствии сменного мастера или производителя работ, не допуская при этом пребывания людей вблизи забоя. Не допускается применять в одних и тех же выработках ручную и механизированную откатку. При ручной откатке на передней стене вагонетки должен быть установлен световой сигнал. При проходке шахт и тоннелей (коллекторов) должна быть устроена вентиляция. Кольца обделки тоннеля следует собирать последовательно с обеих сторон по одному блоку (элементу). Укладывать каждый последующий блок разрешается только после надежного закрепления предыдущего. Все электрические установки и пусковая электроаппаратура на механизмах и приспособлениях должны быть ограждены и надежно заземлены.

ГЛАВА 22. МОНТАЖ НАДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ПРОКЛАДКА ДЮКЕРОВ

22.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ И ДЮКЕРОВ

Надземные переходы трубопроводов устраиваются при прокладке водоводов 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, трапецеидальной 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.

22.2. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ВИСЯЧИХ, ПОДВЕСНЫХ, БАЛОЧНЫХ И АРОЧНЫХ (САМОНЕСУЩИХ) ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ

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. 22.1, а), применяемом для устройства переходов длиной более 100 м, на пилонах поднимают только канаты, после закрепления

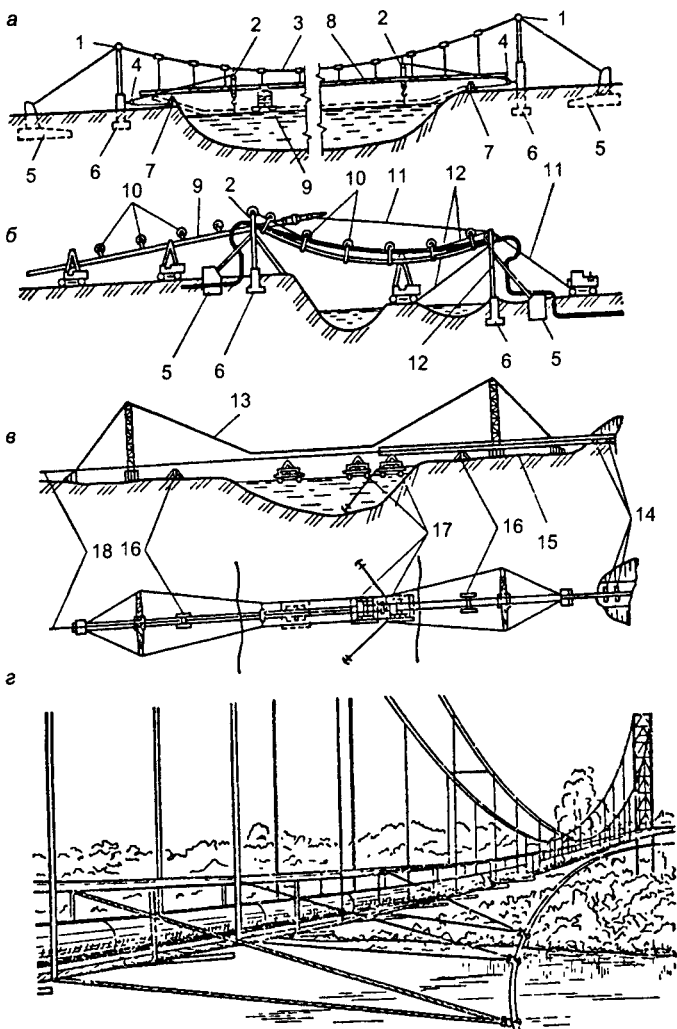


Рис. 22.1. Монтаж подвесных и висячих трубопроводов:

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

которых монтируют подвески трубопровода (одновременно с двух сторон перехода), используя для этого телескопические вышки. Закрепив все подвески и с необходимыми деталями, приступают к монтажу трубопровода.

Готовые блоки трубопровода из двух плетей (длиной до 40 м) скрепляют между собой жесткими связями и подают в зону монтажа на баржах 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 проектном положении 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 висячих трубопроводов. Монтаж труб на пилоны осуществляют методом подъема или надвигки. 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 надвигки (рис. 22.1, 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. Плетей 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, расстав-

ляемые по створу перехода в пределах зеркала воды на минимально возможном расстоянии друг от друга (рис. 22.1, *в*). Несущие и ветровые канаты протаскивают с помощью временного тягового каната 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. 22.1, *г*.

Монтаж балочных и арочных самонесущих трубопроводов. Балочные переходы монтируют в два этапа: вначале устанавливают опоры, а затем надвижкой или подъемом монтируют трубопровод. Если пролет превышает 50 м, устанавливают промежуточные опоры (рис. 22.2, *а*). При методе надвижки плети трубопровода на катках лебедками (тяговой и тормозной) надвигают на опоры. При устройстве однопролетных 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. 22.2, *а*). При недоступности перехода для машин плети доставляют к месту монтажа по воде и затем монтируют плавучими кранами. Простейшие однопролетные балочные переходы через водные препятствия монтируют способом протаскивания (рис. 22.2, *б*) с последующим подъемом и укладкой кранами на опоры (рис. 22.2, *в*).

Арочные переходы трубопроводов монтируют из укрупненных блоков – полуарок (рис. 22.2, *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. 22.2, *д*).

22.3. 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. 22.3, а), тракторами или лебедками, установленными на верху склона (рис. 22.3, б). При уклоне до 20° и хорошем состоянии грунта трубы или секции доставляют к месту монтажа тракторами 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. 22.3, 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 верху. Трактор Tr_1 протаскивает наращиваемый трубопровод вниз, а Tr_2 удерживает его от самопроизвольного сползания при стыковке каждой последующей секции. После пристыковки сверху очередной секции трубопровода протаскивают вниз на длину этой секции (рис. 22.3, г). Во избежание

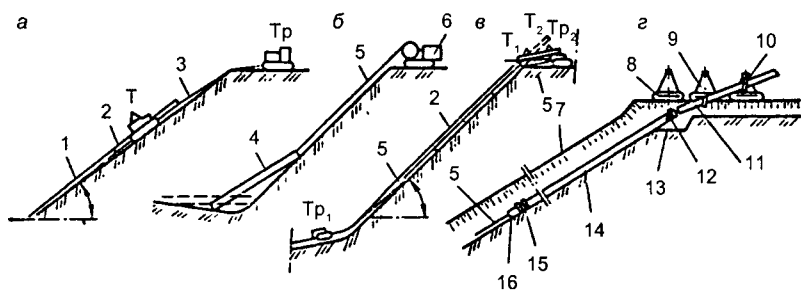


Рис. 22.3. Схемы укладки трубопроводов на склонах оврагов и балок при строительстве дюкеров:

1 — укладываемый трубопровод; 2 — стыкуемая секция труб; 3 — якорный трос; 4 — доставляемая секция; 5 — тяговый трос; 6 — лебедка; 7 — траншея; 8, 9, 10, а также T_1 , T_2 — трубоукладчики; 11 — изолированная труба; 12 — зажимный захват; 13 — монтажная площадка; 14 — наращиваемая плеть трубопровода; 15 — санки; 16 — заглушка; Tr , Tr_1 , Tr_2 — тракторы

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 проектно положение и затем соединяют с трубопроводом.

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 стапели; подготовить транспортные средства и такелаж (лебедки, полиспасты, якоря и др.); подготовить силовые и электроосветительные сети; доставить плавучие средства – баржи, понтоны, катера и др. Затем приступают к разработке береговых 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.

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, сварка стыков, изоляция и испытание выполняются чаще всего на береговой площадке.

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.

22.4. СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ ПОДВОДНЫХ ТРАНШЕЙ

Размеры подводных и береговых траншей зависят от диаметра, числа и глубины заложения прокладываемых трубопроводов, а также крутизны ее откосов.

Ширину подводной траншеи и береговых участков траншеи по низу определяют по формуле

$$B_{\text{тр}} = D_n + a(n - 1) + 2b,$$

где D – наружный диаметр изолированного, футерованного и балластированного трубопровода, м; n – число их, укладываемых в одну траншею; a – расстояние между трубами в свету; b – то же между трубами и подошвой откоса.

Непосредственно перед началом разработки подводных траншей выполняют следующие подготовительные операции. В створе перехода на ширине 10 м выполняют водолазные работы (рис. 22.4, 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. 22.4, 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 само-разгружающиеся скреперные ковши с открывающимся днищем, что ускоряет их опорожнение от грунта. Толщина срезаемого слоя до 20 см. При разработке траншеи подводными гидромониторами (рис. 22.4, 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. 22.4, в).

Экскаватором, установленным на барже или понтоне, разрабатывают подводные траншеи при глубине водотоков не более 2–3 м и ширине до 200 м. При глубине водоемов до 1–1,5 м ширине до 100 м подводные траншеи разрабатывают экскаваторами со специальных земляных дамб, отсыпаемых от обоих берегов. По середине водотока

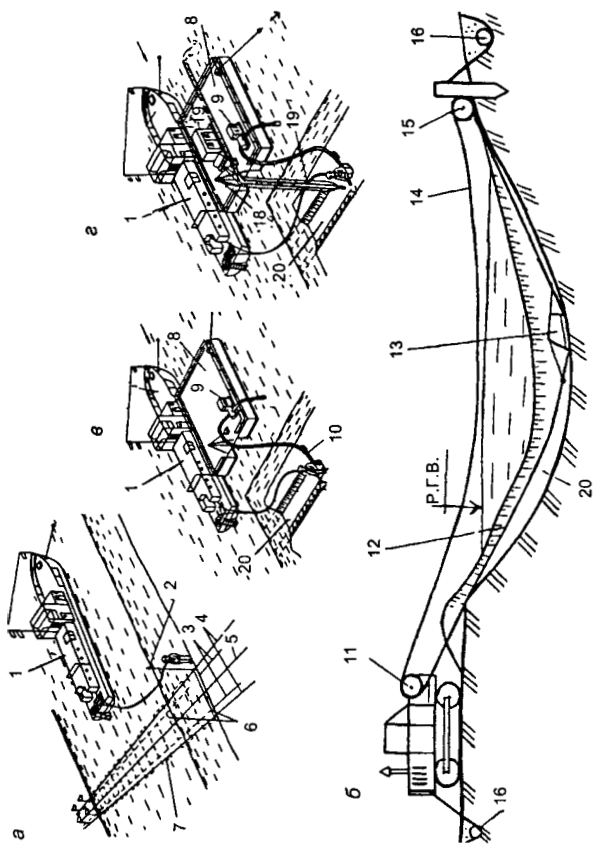


Рис. 22.4. Способы устройства подводной траншеи для прокладки дюкера:

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 обследования дна; 5 — ось полосы; 6 — ходовой трос; 7 — направляющие тросы; 8 — плавающая площадка; 9 — гидромониторная установка; 10 — напорный шланг; 11 — скреперная лебедка на тракторе; 12 — рабочий трос; 13 — скреперный ковш; 14 — холостой трос; 15 — хвостовая опора; 16 — якорь; 17 — компрессор; 18 — кран-укосина; 19 — грунтосос; 20 — подводная траншея

оставляют разрыв для пропуска воды. Траншеи в этих местах разрабатывают с помощью канатно-скреперной установки или земснарядами.

Земснарядами 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 м³/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), а затем 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 колодцем (шахтой), в котором в направляющей обойме размещается долото массой до 20 т, с помощью которого дробят скалу.

22.5. ПОДГОТОВКА И ПРОКЛАДКА СТАЛЬНЫХ ДЮКЕРОВ ЧЕРЕЗ ВОДНЫЕ ПРЕГРАДЫ

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 битумной, весьма усиленной трехслойной 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 речного 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. На песчаных грунтах протаскивать легче по сухому основанию, а на глинистых – по увлажненному.

Операция по укладке трубопровода под водой является довольно сложной и трудоемкой. Поэтому к ее проведению готовятся особо тщательным образом. Существует много способов и схем укладки трубопроводов в подводную траншею, однако наиболее часто применяют следующие три из них: протаскивание по дну, погружение с поверхности воды (или со льда) трубопровода полной длины и погружение с поверхности воды с последовательным наращиванием секций трубопровода.

Протаскивание трубопроводов по дну (рис. 22.5, *a*) применяют при прокладке трубопроводов больших диаметров. Спускую дорожку (рис. 22.5, *з*) устраивают в виде рельсовой узкоколейки шириной 750 мм с уклоном в сторону реки. Трубопровод по рельсовому пути спускают на тележках (рис. 22.5, *д*), которые в конце дорожки скатываются в специально устроенный приямок, откуда убираются краном или отводятся по отводному пути. Спускочные дорожки в виде канала или траншеи, заполняемых водой, применяют при пологом рельефе берега. Трубопровод с заглушками на концах скатывают в воду и транспортируют на плавучую к месту укладки (рис. 22.5, *e*).

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

$$P = kMf,$$

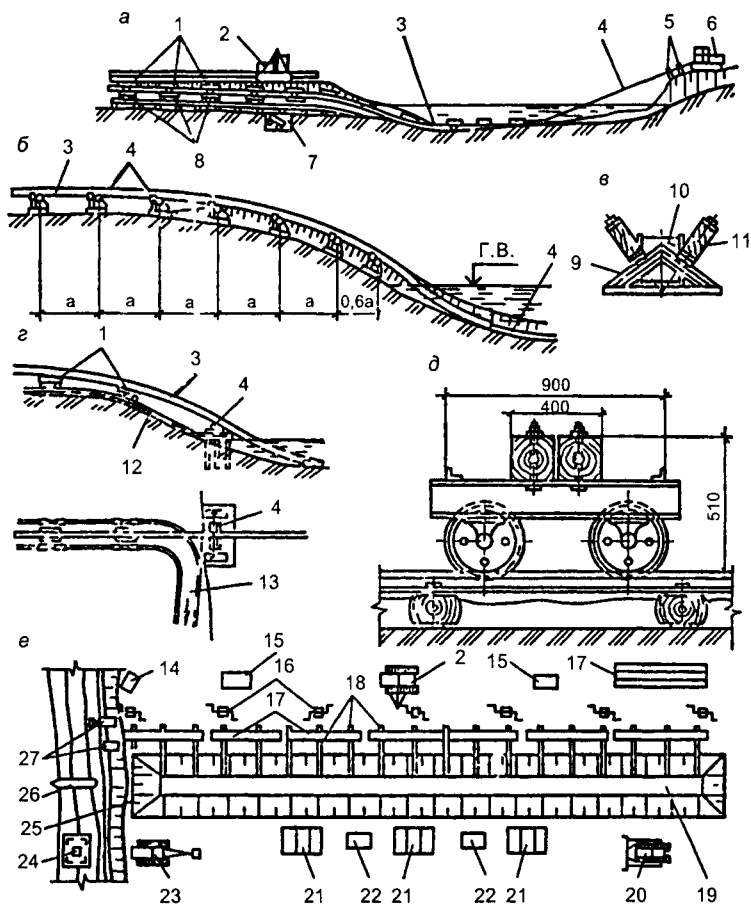


Рис. 22.5. Схема протаскивания трубопровода дюкера по дну и детали устройства спусковых дорожек:

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 — приемок; 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 — стапели (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 опрессовочный агрегат

где k – коэффициент трогания с места, равный 1,5–2; M – масса трубопровода (дюкера), т; f – коэффициент трения скольжения.

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/м²; F – площадь опирания трубопровода на грунт, м².

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.

Укладка трубопроводов способом свободного погружения производится 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 стальных 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 порталные плавучие опоры.

Укладка трубопроводов с плавучих опор используется при значительной протяженности подводных трубопроводов, укладываемых на большой глубине, когда способы протаскивания и свободного погружения неприменимы. При этом в качестве плавучих опор используют плавучие краны, баржи, понтоны, оборудованные якорными лебедками и лебедками для опускания трубопровода на дно водоема. 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 подво-

дят 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 (сравливают) канаты опор, обеспечивая постепенное погружение трубопровода на дно траншеи. Трубопровод 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.

Укладка способом последовательного наращивания применяется 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 фланцах. Для предупреждения всплытия дюкеров их пригружают грузами, чаще всего железобетонными в виде полумуфт или седлообразных грузов.

Укладка подводного трубопровода со льда осуществляется 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 (кбзлы) 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.

22.6. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ МОНТАЖЕ НАДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ПРОКЛАДКЕ ДЮКЕРОВ

Для обеспечения надежного положения монтажных элементов и труб при их подъеме и укладке необходимо применять специальные траверсы, стропы, пояса и захваты. Нельзя допускать нахождения людей непосредственно под монтируемыми трубопроводами переходов, а также вблизи тяговых тросов при их протаскивании.

Подводные и сопутствующие работы представляют повышенную опасность, и поэтому участок работ по сооружению подводного перехода (дюкера) оснащают плавучими спасательными средствами, а также необходимыми средствами для оказания помощи пострадавшим. До начала устройства подводной траншеи необходимо выявить, нет ли в створе прокладки дюкера каких-либо сооружений и коммуникаций, а если они имеются, то работы следует производить с соблюдением соответствующих мер предосторожности. Если в ходе производства работ неожиданно обнаружены какие-либо сооружения или коммуникации, работы необходимо прекратить до выяснения характера встретившихся препятствий. При прокладке дюкера через судоходные реки или каналы требуется соблюдать ряд дополнительных мероприятий.

В процессе прокладки дюкера способом протаскивания с подачей плети по узкоколейному пути для предотвращения соскальзывания трубопровода с опор его следует надежно закреплять на вагонетках. Перемещать плеть по спусковой дорожке можно со скоростью 5 м/мин. В период протаскивания нельзя находиться на пути движения труб и тягового каната. При необходимости подхода к канату или трубопроводу работы временно приостанавливают. Работами по протаскиванию подводного трубопровода управляют с пункта на берегу, с которого виден весь участок работ. При этом должна быть налажена телефонная или другая связь, а также сигнализация между руководителем работ и всеми исполнителями.

При опускании трубопровода с плавучих средств или временных опор лебедки должны иметь тормоза. Отпускать (сравливать) канат с лебедок при опускании трубопровода на дно следует одновременно по команде руководителя работ. При прокладке дюкера со льда вблизи створа оборудуют помещение для обогрева рабочих, обеспечивают их необходимыми спасательными средствами. До начала работ проверяют фактическую прочность льда. Устроенную прорубь (майну) ограждают и обозначают вехами.

ГЛАВА 23. ИСПЫТАНИЕ И ПРИЕМКА НАПОРНЫХ И САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

23.1. ВИДЫ И ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ

Существует два основных вида испытаний проложенных трубопроводов – предварительное и окончательное, или приемочное.

Подготовка трубопроводов к испытанию. К началу испытаний трубопроводы 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. 23.1, 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 испытуемом участке. Предварительное испытание трубопроводов выполняют строительно-монтажные организации, а окончательное – они же, но с участием представителей заказчика и эксплуатирующей организации.

23.2. 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. 23.1, б).

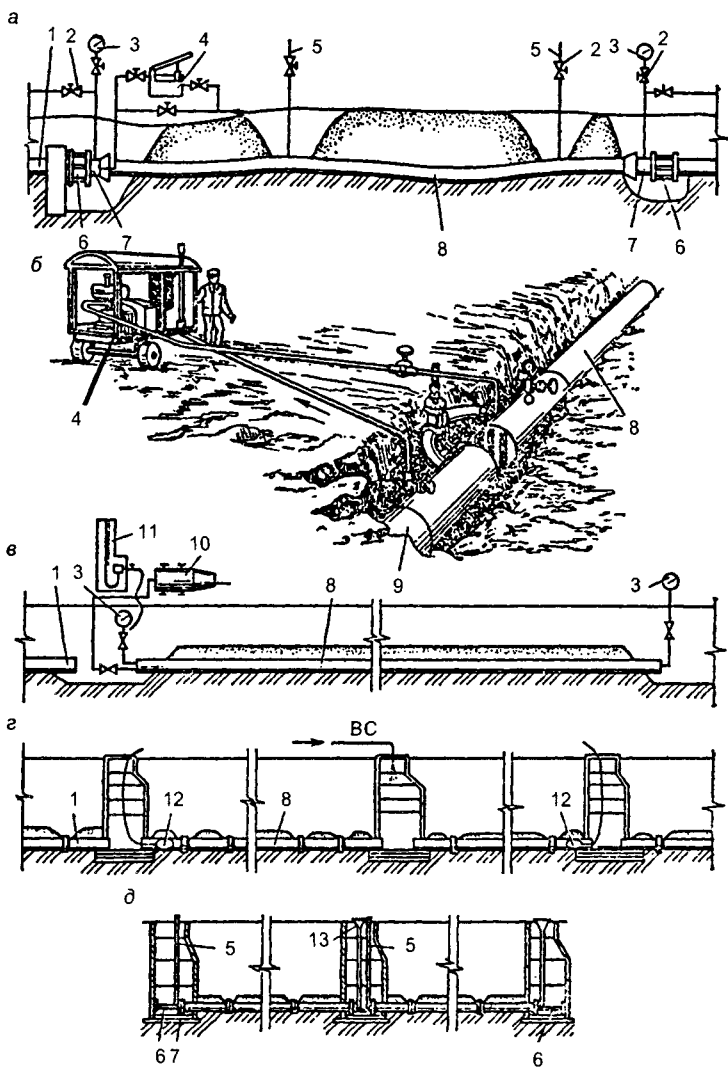


Рис. 23.1. Схема испытания трубопроводов:

1 — уложенный трубопровод; 2 — вентили (затвора); 3 — манометры; 4 — гидравлические прессы; 5 — трубки для выпуска воздуха; 6 — временные упоры; 7 — заглушки 8 — испытуемый трубопровод; 9 — испытанный участок; 10 — компрессоры; 11 — ртутный манометр; 12 — заглушки (резиновые баллоны); 13 — стояки для заливки водой

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.

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 если фактические утечки воды не превышают допустимые.

Дюкеры испытывают так же, как и напорные трубопроводы, т.е. 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 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.

23.3. 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. 23.1, в). Трубопроводы считают выдержавшими предварительное испытание, если не обнаружено дефектов в стыках и сварных швах, нарушения целостности трубопроводов, а также сдвига или деформации упоров. Окончательное пневматическое испытание их производится после засыпки траншей, причем стальные трубопроводы с рабочим давлением до 0,5 МПа испытываются 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 производится 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 допускается, согласно СНиПу, 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.

23.4. ПРИЕМКА, ПРОМЫВКА И ХЛОРИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Приемку построенных трубопроводов осуществляют рабочие и государственные комиссии в соответствии с требованиями СНиПа по приемке в эксплуатацию законченных 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.

23.5. 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. 23.1, *з*) или установленного в нем стояка (см. рис. 23.1, *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 производят 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 определяется 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 производится 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 будут 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 24. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

24.1. 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 строительно-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, панелей, лотков, плит), имеющих высокую заводскую готовность.

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 монолитных конструкций сборными.

Область применения сборного железобетона в водопроводно-канализационном строительстве с каждым годом расширяется. Так, сборные конструкции широко применяются сейчас при устройстве опускных колодцев береговых водозаборов и насосных станций, градирен, коллекторов, каналов, тоннелей и других сооружений. 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 снизить стоимость строительства, а широкое применение для монтажа высококачественных конструкций за-

водского изготовления (при надлежащем качестве сварки и замоноличивания стыков) – существенно повысить качество, т.е. обеспечить водонепроницаемость, морозостойкость и долговечность сооружений.

24.2. 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.

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.

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 и канализационных очистных станций различной производительности, прямоугольных резервуаров вместимостью от 50 до 40000 м³, цилиндрических резервуаров вместимостью от 1000 до 30000 м³ и других сооружений. По этим проектам в различных районах построен 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 заземленной опорой внизу; к *балочным* – с двумя неподвижными опорами (нижней, заземленной 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 азротенков. Все три вида панелей предусмотрены плоскими, постоянной по высоте толщины, с установкой их в пазы монолитных днищ.

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. Толщина всех этих панелей принимается постоянной по высоте. Устанавливаются они в пазы монолитных днищ.

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 проектируются с применением для стен, перегородок, лотков, мостиков, колонн, балок и плит покрытия сборного железобетона, а для днищ – монолитного (рис. 24.1).

Стеновые панели соединяют с днищем замоноличиванием их в пазах бетоном марки М300 на мелком заполнителе. Глубина паза принимается конструктивно и проверяется расчетом. Между собой панели соединяются путем сварки закладных деталей арматурными накладками с последующим замоноличиванием стыка цементно-песчаным раствором марки М300.

Покрытие закрытых емкостных сооружений проектируется из ребристых типовых плит, опирающихся через ригели на двухконсольные колонны сечением 400×400 мм, которые в свою очередь опираются на сборные фундаменты (подколонники). Плиты между

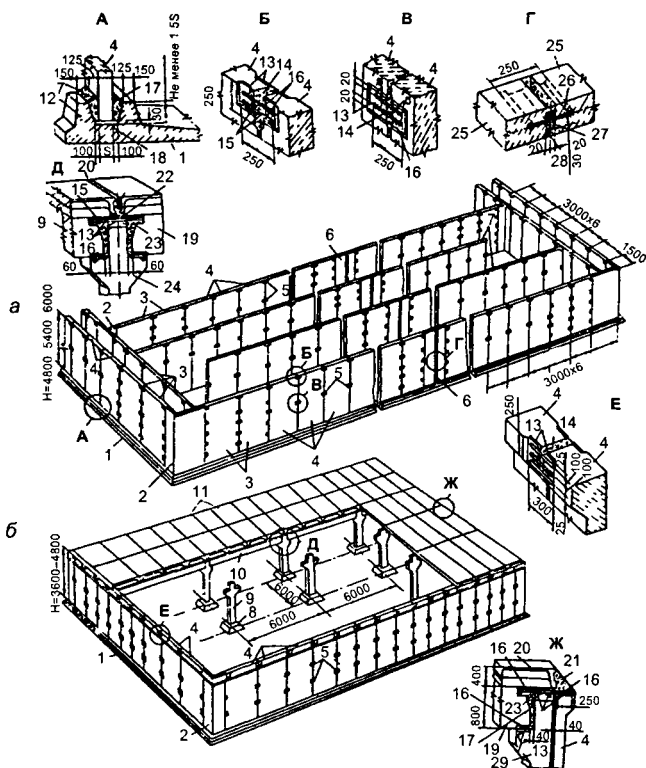


Рис. 24.1. Конструктивно-монтажные схемы прямоугольных емкостных сооружений из типовых унифицированных сборных элементов и деталей:

а — емкостное прямоугольное сооружение коридорного типа (аэротенки, 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 перекрытия; 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 прядь, пропитанная битумом; 28 — асбестоцементный раствор; 29 — колонны пристенные

собой, а также в местах опирания на ригели и стеновые панели крепятся 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. 24.1 и 24.2.

Цилиндрические емкостные сооружения из типовых сборных элементов устраиваются с последующим натяжением на их стенку кольцевой арматуры. В целях обеспечения оптимальных размеров вертикальных стыков между стеновыми панелями разбивочные оси совмещают с внутренней поверхностью емкостей. Стены сооружений диаметром от 4,5 до 9 м выполняются из панелей типа ПСЦ1, имеющих криволинейные внутреннюю и внешнюю поверхности, а сооружений диаметром от 9 до 18 и от 24 до 50 м – соответственно из панелей типа ПСЦ2 и ПСЦ3, имеющих плоскую внутреннюю поверхность и криволинейную наружную. Панели типа ПСЦ3, предназначенные преимущественно для радиальных отстойников, имеют поверху обвязочную балку для размещения рельса скребкового механизма.

Панели в стенах цилиндрических сооружений соединяют между собой на сварке закладных деталей арматурными накладками с последующим замоноличиванием стыков цементно-песчаным раствором (аналогично стыкам панелей прямоугольных емкостей). Поскольку для монтажа цилиндрических сооружений разных диаметров применяют однотипные панели, зазоры стыков между ними непостоянны и изменяются при диаметре 4,5–9 м (панели ПСЦ1) от 19 до 61 мм, а при диаметре 9–50 м (панели ПСЦ2 и ПСЦ3) от 18 до 46 мм.

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. 24.3.

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 сооружений, не требующие своего временного закрепления.

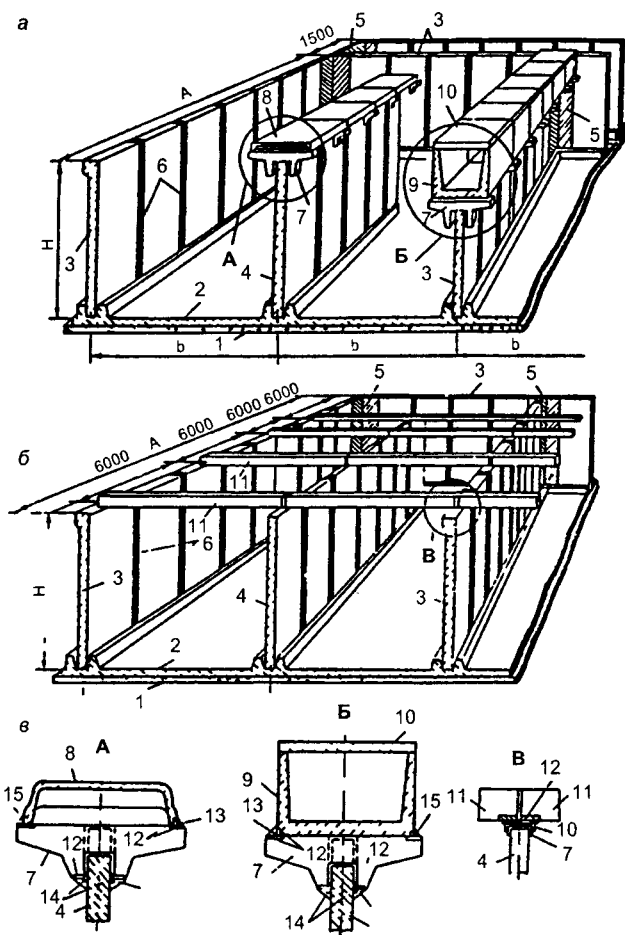


Рис. 24.2. Детали раскладки и крепления сборных элементов мостков, лотков и распорок в открытых прямоугольных емкостных сооружениях:

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 ИП1-9; 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

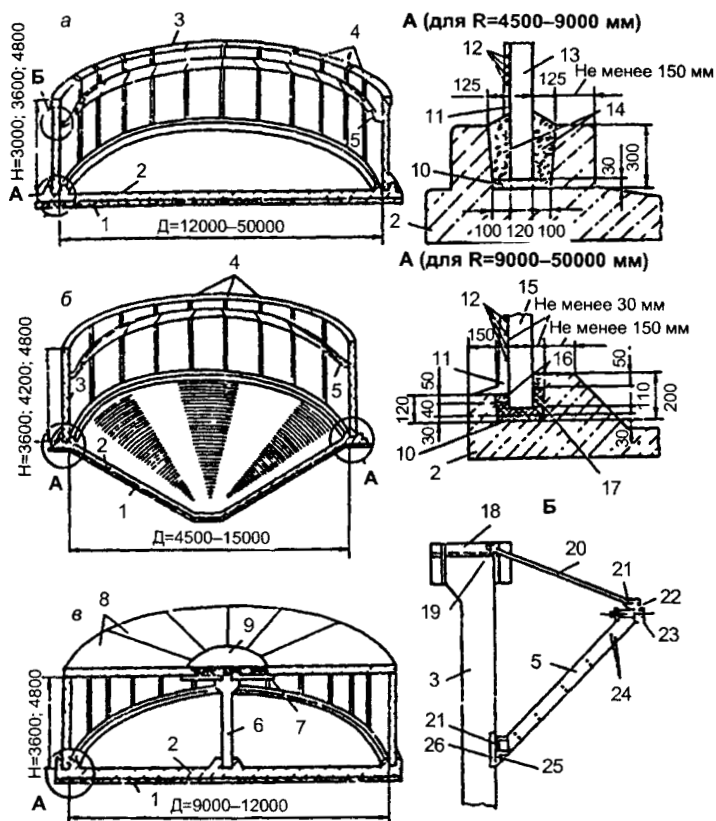


Рис. 24.3. Конструктивно-монтажные схемы цилиндрических емкостных сооружений из типовых унифицированных сборных элементов и деталей:

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 $R = 9-18$ м) или ПСЦ3 (при $R = 24-50$ м); 16 — асбестоцементный раствор; 17 — битум марки БНIII; 18 — хомут из уголка 80×6 ; 19 — гайка; 20 — монтажная тяга $\varnothing 16$; 21 — сварной шов; 22 — уголок 80×6 ; 23 — болт $d = 10$; 24 — выпуски арматуры; 25 — монтажные столики из уголка 100×10 ; 26 — закладные детали

Их использование внесло определенные изменения в конструктивные схемы сооружений*.

24.3. МОНТАЖ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Общие требования к монтажу сборных конструкций емкостных сооружений. Монтаж их 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, должны быть выполнены следующие операции: подготовка его к монтажу, строповка, очистка места установки и устройство постели, подача 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 определяется 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. Окончательную приемку монтажных работ производят после полного закрепления

* Более подробно конструкции индустриальных сборных емкостных прямоугольных и цилиндрических сооружений, включая узлы и детали, данные о количестве навиваемой кольцевой арматуры, приведены в справочном пособии «Конструкции водопроводно-канализационных сооружений» [7].

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 бетонируют днище и после набора им необходимой прочности устанавливают стойки и струенаправляющие перегородки камеры. При строительстве камер небольших размеров монтаж панелей, стоек и циркуляционных перегородок выполняют с передвижением крана и транспортных средств вокруг камеры по берме котлована.

Монтаж горизонтальных отстойников с учетом значительных размеров их в плане осуществляют кранами с передвижением их по бетонной подготовке или днищу вдоль монтируемых стен (рис. 24.4). Отстойники монтируют как отдельным, так и комплексным методом, при котором стеновые панели и плиты покрытия коридоров устанавливают за один проход крана.

Пример монтажа отстойника производительностью 300 тыс. м³/сут, состоящего из 10 коридоров шириной по 6 м, приведен на рис. 24.5. 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. 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, технологически 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 двигаются вдоль коридоров «змейкой» и

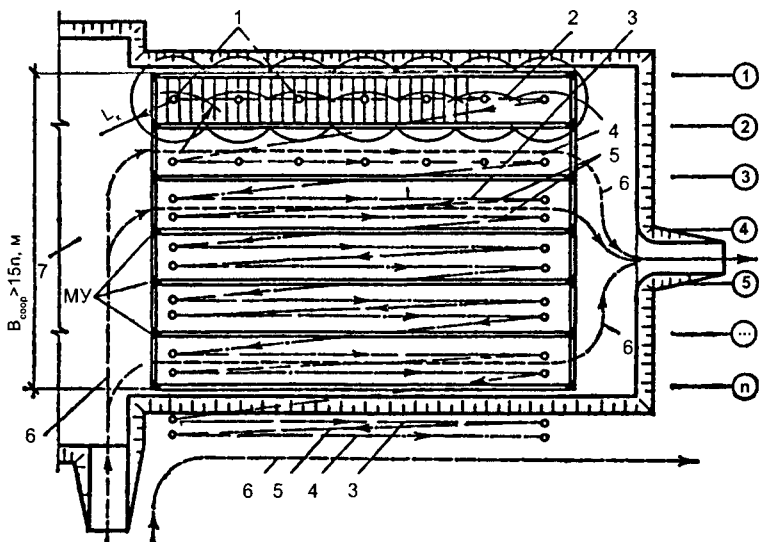


Рис. 24.4. Принципиальная схема монтажа горизонтального отстойника:

1 — стоянки 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_x — вылет крюка крана при монтаже панелей и плит

используются по своей грузоподъемности более эффективно. При раздельном 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. 24.6. Строят их в две очереди, по полублокам. Фильтры каждой очереди сооружают в два этапа (цикла): нулевой и основной. В период нулевого цикла (рис. 24.6, а) выполняют

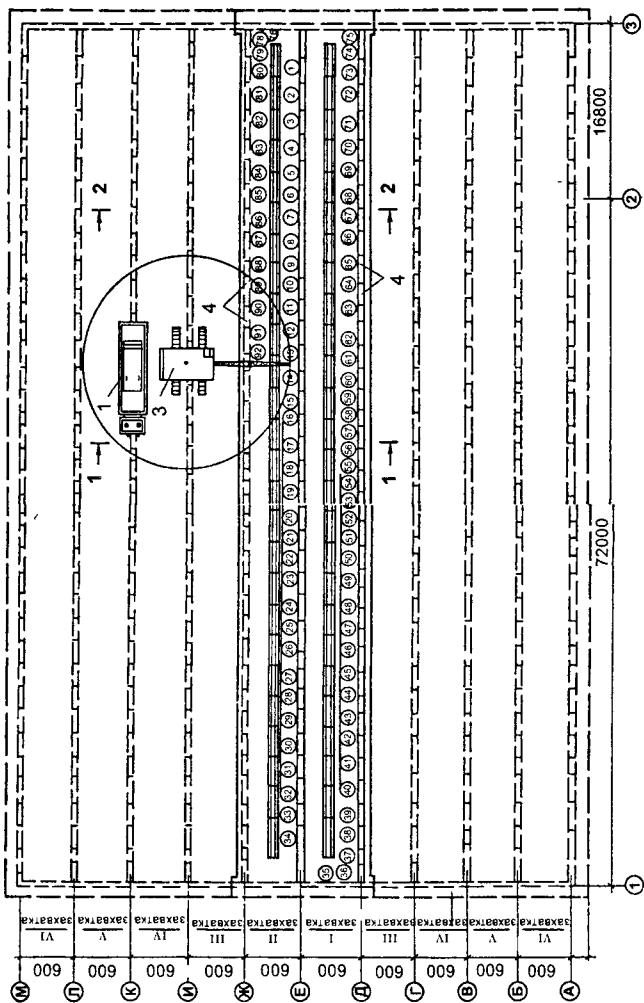


Рис. 24.5. Схема организации монтажа горизонтального отстойника гусеничным краном:

1 — панели; 2 — временная дорожка из сборных железобетонных плит; 3 — монтажный гусеничный кран МКГ-25; 4 — старые панели коридоров; 5 — опалубка труб для отвода осадка; 6 — монолитное дноще; 7 — бетонная подготовка; 8 — опалубка монолитного железобетонного пояса

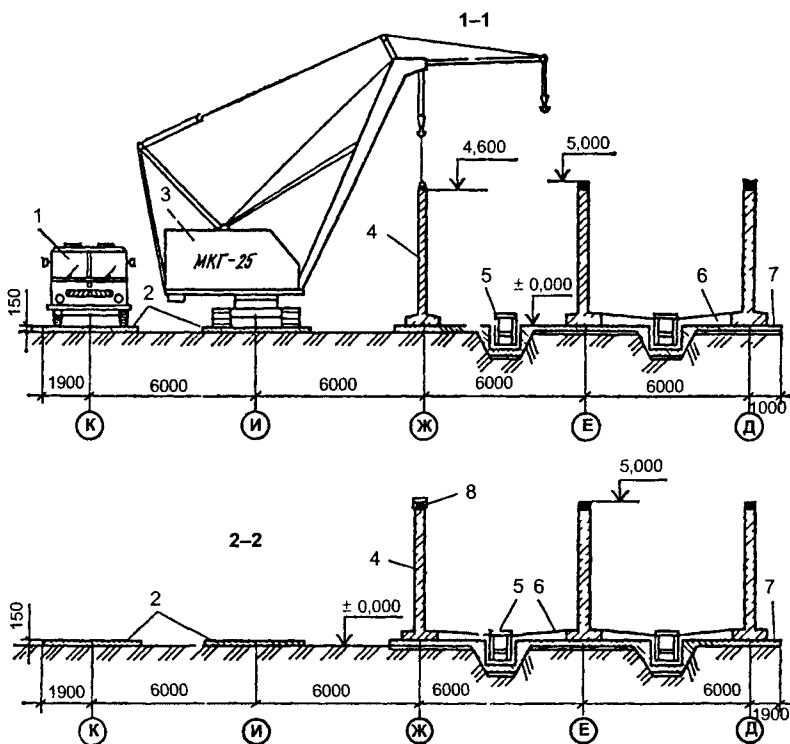


Рис. 24.5 (окончание)

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. 24.6, 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. 24.6, 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. Замоноличивание стыков, монтаж дренажных и переливных лотков часто выполняют параллельно с монтажом панелей ячеек,

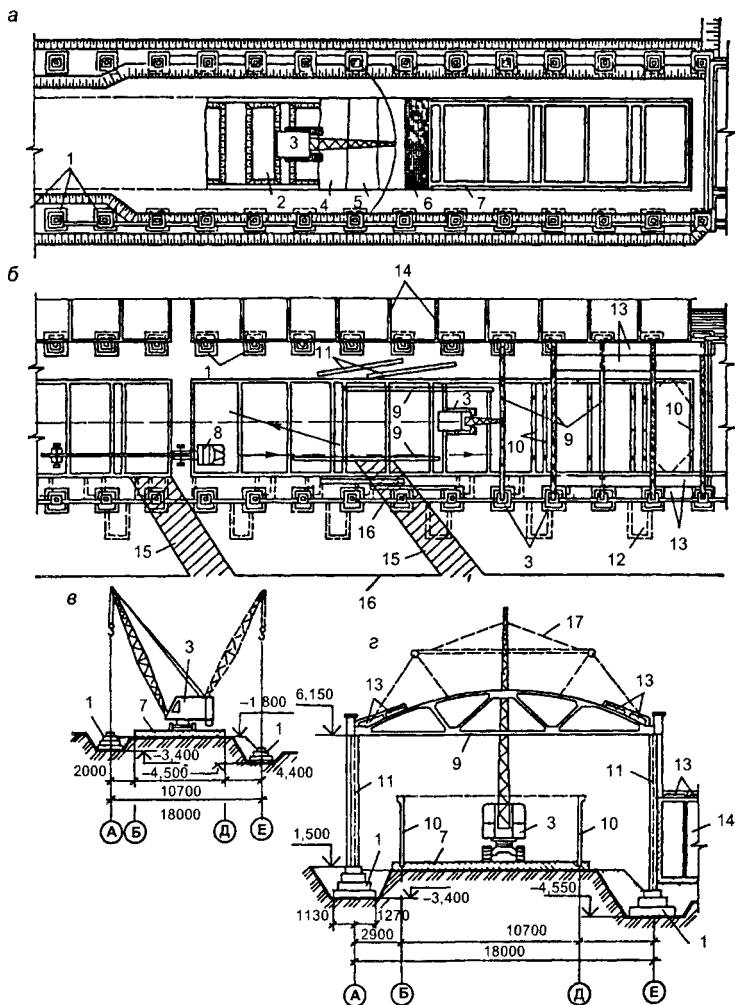


Рис. 24.6. Схема монтажа здания фильтров водоочистной станции производительностью 200 тыс. м³/сут:

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 автодорога; 17 — траверса для монтажа ферм

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 обнаружен только после гидравлических испытаний) трудно устранить дефекты и восстановить герметичность ячеек. Поэтому лотки лучше монтировать после испытания ячеек и устранения замеченных дефектов (течей и т.п.). При этом их устанавливают с помощью крана-балки или специального козлового крана, перемещающегося по рельсам, уложенным на стенах фильтров.

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 чем 70%-ной 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. 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. м³/сут (рис. 24.7). Монтаж сооружений блока ведут двумя стреловыми гусеничными кранами, перемещающимися по днищу двумя параллельными объектными потоками. Первыми монтируют фильтры, а вторыми – отстойники и камеры хлопьеобразования (реакции).

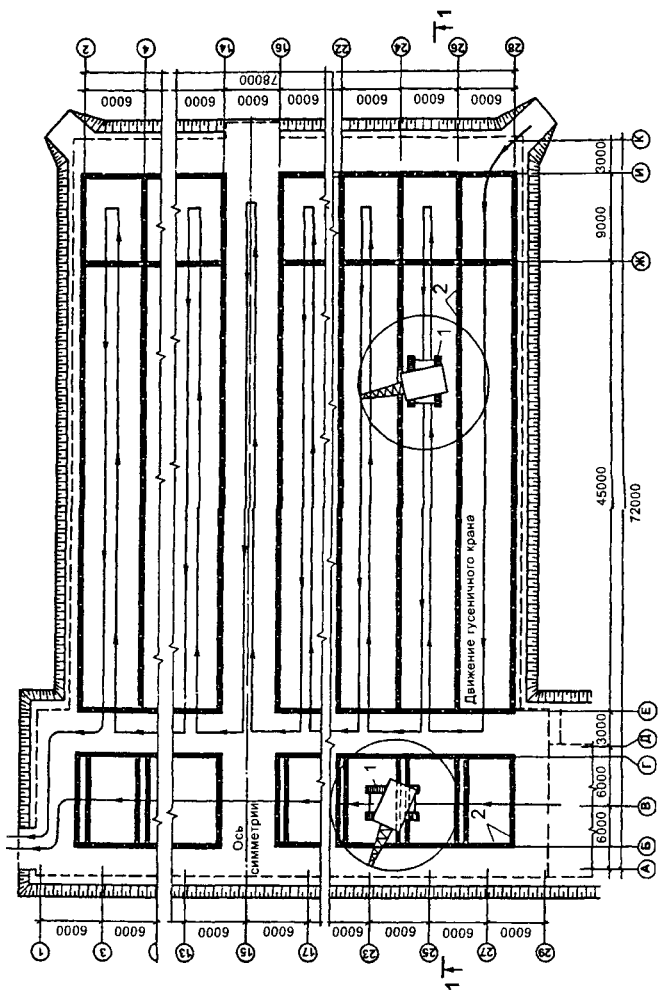


Рис. 24.7. Схема монтажа блока фильтров и отстойников типовой водоочистой станции на 100 тыс. м³/сут стреловыми гусеничными кранами:

1 — монтажные краны; 2 — стеновые панели; 3 — монолитное днище; 4 — каркас здания фильтров; 5 — плиты покрытия; 6 — панелевоз

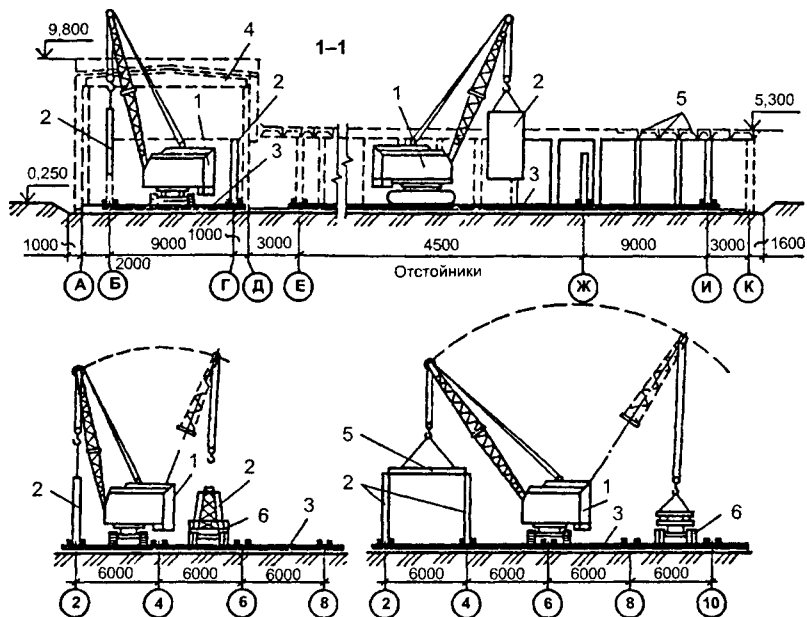


Рис. 24.7 (окончание)

На рис. 24.8 и 24.9 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 (рис. 24.8, а, б). Монтаж их ведут башенным краном, расположенным со свободной стороны здания, т.е. со стороны, противоположной отстойникам (рис. 24.8, 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. 24.8, б). Последовательность установки конструкций в проектное положение показана цифрами в кружках на рис. 24.8, в. Одновременно замоноличивают

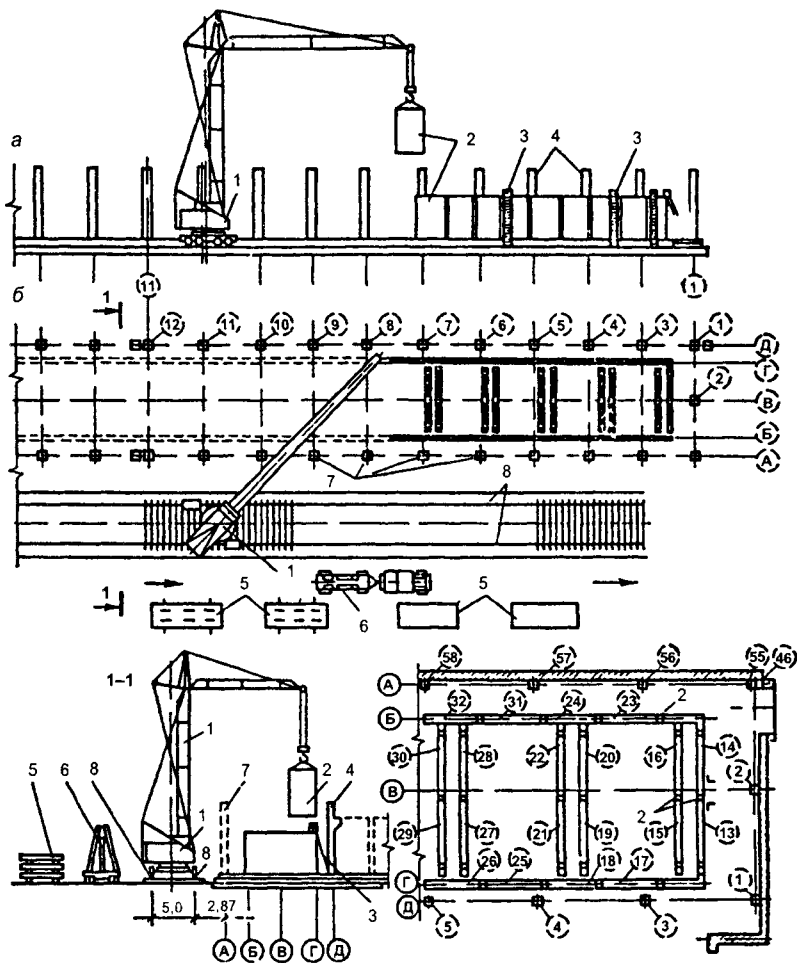


Рис. 24.8. Схема монтажа блока фильтров и отстойников башенным краном (объектный поток 1):

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; (1–12) — колонны ряда оси Д; (13–32) — панели ячеек фильтров; (46–58) — колонны по оси А

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.

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 м²) при общей сравнительно небольшой их высоте (до 5–6 м) и массе конструкций (до 8–10 т). Это предопределило целесообразность монтажа сооружения пневмоколесными кранами. 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 сооружения монтируют стеновые панели первой секции (коридора) отстойника (рис. 24.9, а, в). Затем после замоноличивания стыков между панелями и устройства монолитных участков стен (в углах) с помощью другого пневмоколесного крана № 2 (К-106) укладывают перфорированные короба в отстойной части, а также перегородки и трубы в камере реакции (рис. 24.9, б), которые омоноличивают в одном потоке с устройством призм на дне секции (рис. 24.9, г). Одновременно монтируют узлы трубопроводов в обеих галереях на вводе в камеру реакции и на выходе из отстойников. Процесс возведения каждой секции завершают установкой плит покрытия (включая установку вытяжных, вентиляционных и других люков, ходовых лестниц) и гидроизоляции покрытия. Торкретирование и железнение монолитных участков стен выполняют после полного завершения всех монтажных работ.

Монтаж резервуаров. Методы и последовательность монтажа прямоугольных резервуаров во многом определяются типом и габаритами сборных конструкций, в частности типом стеновой панели. Для монтажа резервуаров различной вместимости применяют практически однотипные сборные элементы при общем небольшом количестве их типоразмеров (стеновые панели, перегородки, подколонники, колонны, балки или ригели и плиты покрытия). Шаг колонн, размеры балок, ригелей и плит также унифицированы, а количество пролетов находится в прямой зависимости от вместимости резервуаров.

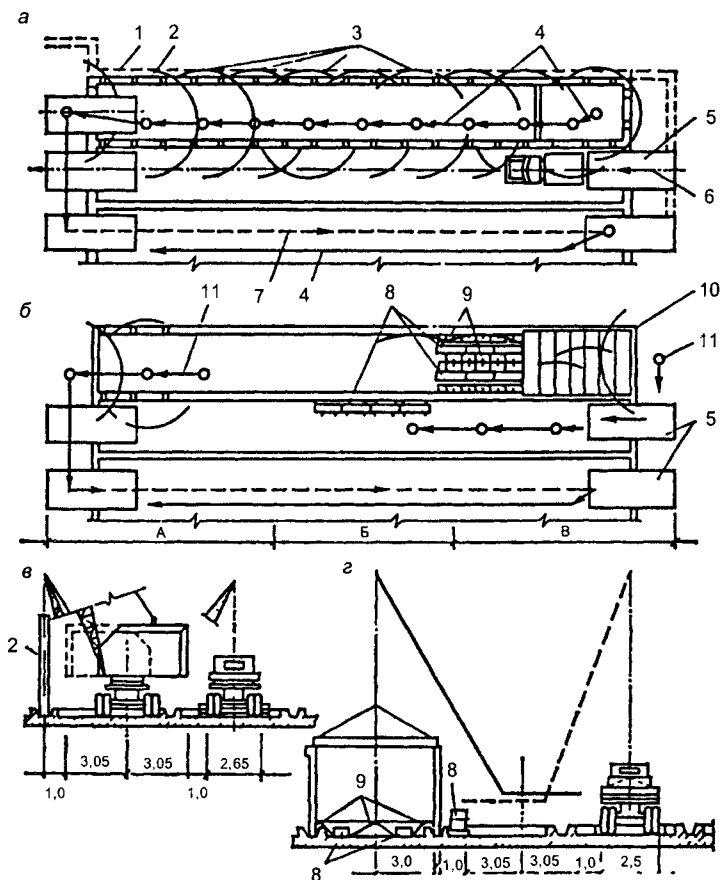


Рис. 24.9. Схемы монтажа конструкций горизонтальных отстойников блока фильтров и отстойников пневмоколесными кранами (объектный поток 2):

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, з* — 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 коробка (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

Все это позволяет применять однотипную технологию и схемы монтажа резервуаров практически независимо от их вместимости.

Монтаж небольших в плане резервуаров ведут с передвижением крана вокруг них по берме котлована, а средних и больших размеров — с передвижением монтажного крана по их днищу и с разбивкой на монтажные участки по продольным осям А, Б, В и т.д. (рис. 24.10). Монтаж конструкций в пределах резервуара целесообразно выполнять по пролетам, принимаемым в качестве монтажных участков. Работы на каждом участке можно выполнять тремя специализированными потоками: 1) установка стен панелей и фундаментов под колонны (подколонников); 2) монтаж колонн и циркуляционных перегородок с одновременным замоноличиванием стыков; 3) укладка балок (ригелей) и плит покрытия.

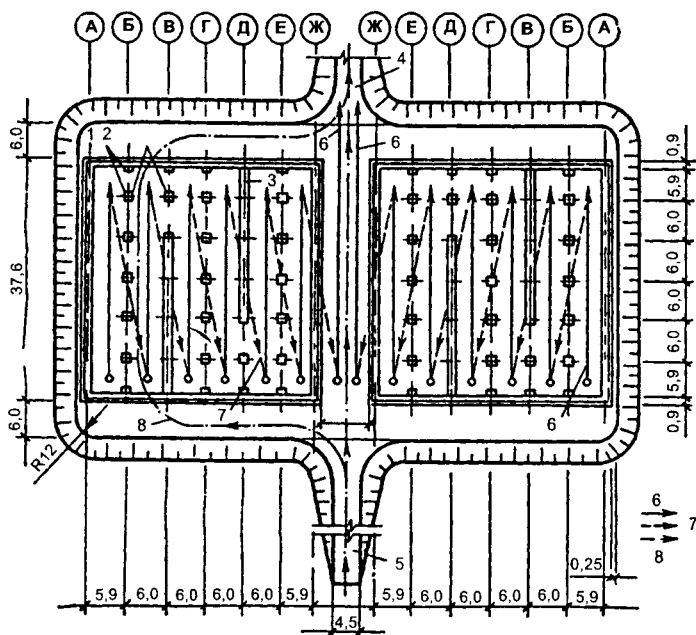


Рис. 25.10. Схемы движения монтажных кранов при возведении двух крупных резервуаров:

1 — стеновые панели; 2 — колонны в котловане; 3 — циркуляционные перегородки; 4, 5 — выезд из котлована и въезд в него; 6 — рабочий ход крана (→); 7 — обратный ход (---→); 8 — направление движения транспортных средств — · — · →)

Последовательность монтажа сборных конструкций должна обеспечивать устойчивость и прочность их в пределах монтажного участка. Учитывая значительные размеры в плане крупных резервуаров, их монтаж производят в основном с передвижением крана внутри резервуара по его днищу. Устанавливать сборные элементы резервуаров можно комплексным, отдельным или комбинированным методами.

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 (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 отдельный 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 отдельно 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 отдельно-комбинированным методом эффективным является так называемый кольцевой метод монтажа резервуара с использованием двух параллельно работающих кранов (IV схема монтажа). При этом одним краном (большей 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 комплекс-

ным методом. Последний этап монтажа — заполнение монтажного проема стеновыми панелями после выхода крана из резервуара.

Монтаж азэротенков (наиболее характерная схема приведена на рис. 24.11). Монтаж конструкций и технологических трубопроводов четырехкоридорных азэротенков ведут раздельным методом четырьмя специализированными потоками, что соответствует количеству секций азэротенков. В первый поток включают монтаж панелей продольных стен азэротенков по осям А, Б, В, Г и Д (рис. 24.11, 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. 24.11 схема монтажа четырехкоридорных азэротенков 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 зигзагообразной схеме процесс выполняется аналогично, что позволяет работать крану при минимальном вылете стрелы.

Поскольку при монтаже азэротенков применяются элементы различной массы, в процессе работ приходится использовать разные способы доставки в котлован, а также установки их в проектное положение. Например, конструкции, доставляемые в котлован по одной-две на одном транспортном приборе, 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,

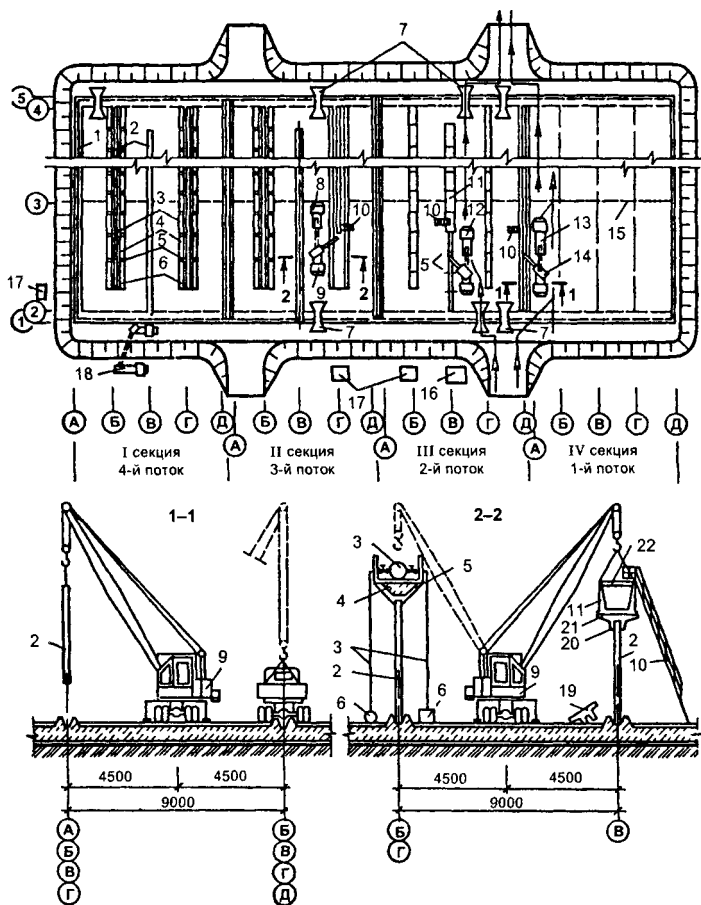


Рис. 24.11. Схема монтажа четырехкоридрных аэротенков из типовых плоских панелей раздельным методом:

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 временного крепления балок; 21 — сварной шов; 22 — предохранительная распорка в лотке

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 крана. Закончив в аэротенках монтажные работы, переходят к торкретированию и железнению бетонных поверхностей монолитных участков, а также гидравлическому испытанию емкостей и гидроизоляции наружных поверхностей стен.

Монтаж двух- и трехкоридорных аэротенков (небольшой производительности) с шириной коридоров не менее 4–5 м выполняют по той же схеме, что и четырехкоридорных. Аэротенки 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 крана в ожидании фронта работ, монтажные работы целесообразно организовать параллельно в двух секциях аэротенков. 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 закладные детали, замоноличивают стыки и пр. Завершив работы в первом коридоре второй секции, кран возвращается в первую, где продолжает 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. 24.12, 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 ставшиеся ярусы каркаса. При монтаже каркаса способом сверху вниз (рис. 24.12, б)

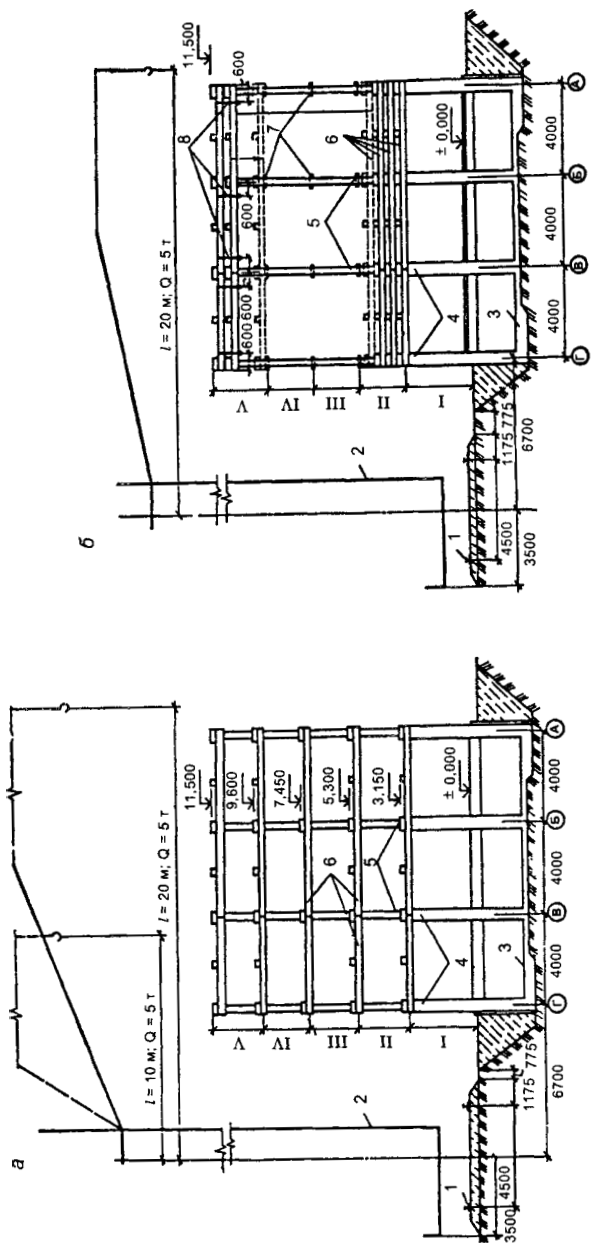


Рис. 24.12. Монтаж типовой сборной железобетонной вентиляционной градирни:

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

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 колоны 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.

24.4. 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 м³ монтажные участки назначают между осями колонн и стеновых панелей, а в резервуарах емкостью более 1000 м³ – по секторам, ограниченными углами в 90 и 120°. При кольцевых участках объемы и трудоемкости работ по ним неодинаковы, 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 выстилают 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 перекладывают дорожные плиты, а затем бадьями подают бетон для бетонирования освободившегося участка днища и монтируют конструкции резервуара в пределах сектора. Достоинством описанной «секторной» схемы монтажа является то, что работы можно вести одновременно несколькими кранами в разных секторах резервуара.

Технологическая схема монтажа цилиндрического резервуара диаметром более 15 м приведена на рис. 24.13. Монтаж резервуара

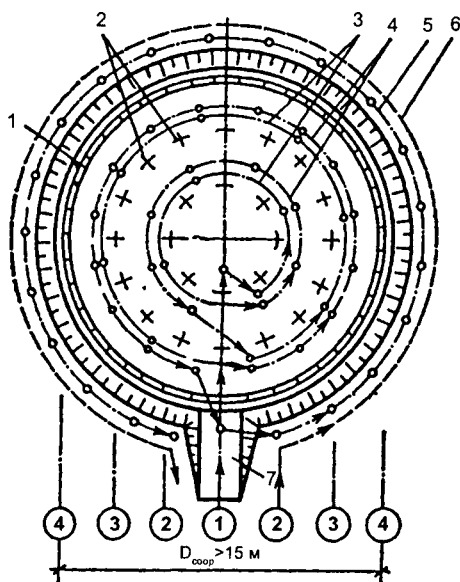


Рис. 24.13. Принципиальная схема монтажа крупного цилиндрического резервуара:

1 — стеновые панели; 2 — места установки колонн; 3 — ось движения крана при монтаже колонн; 4 — то же, при укладке ригелей и плит покрытия; 5 — то же, стеновых панелей и плит покрытия последнего ряда; 6 — ось движения транспортных средств; 7 — въезд и выезд из котлована; кружками обозначены стоянки крана

начинают с центра, с заезда крана на днище. При том кран и транспортные средства в процессе монтажа колонн, ригелей и плит движутся по кольцевым направлениям. В заключение кран выезжает на бровку котлована и, двигаясь по ней, монтирует стеновые панели и плиты покрытия последнего ряда. При этом транспорт, занятый доставкой конструкций, движется по бровке 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 петли двух смежных панелей, расположенных по обе стороны стенки,

находились примерно на одинаковом расстоянии от монтажного крана. Для монтажа 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 %-ной 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, распложенную 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. 24.14, 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. 24.14, б, в. До начала монтажа панелей проверяют отметки дна паза и при необходимости выравнивают его, затем размечают места установки панелей. Кран 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. 24.14, 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. 24.14, г).

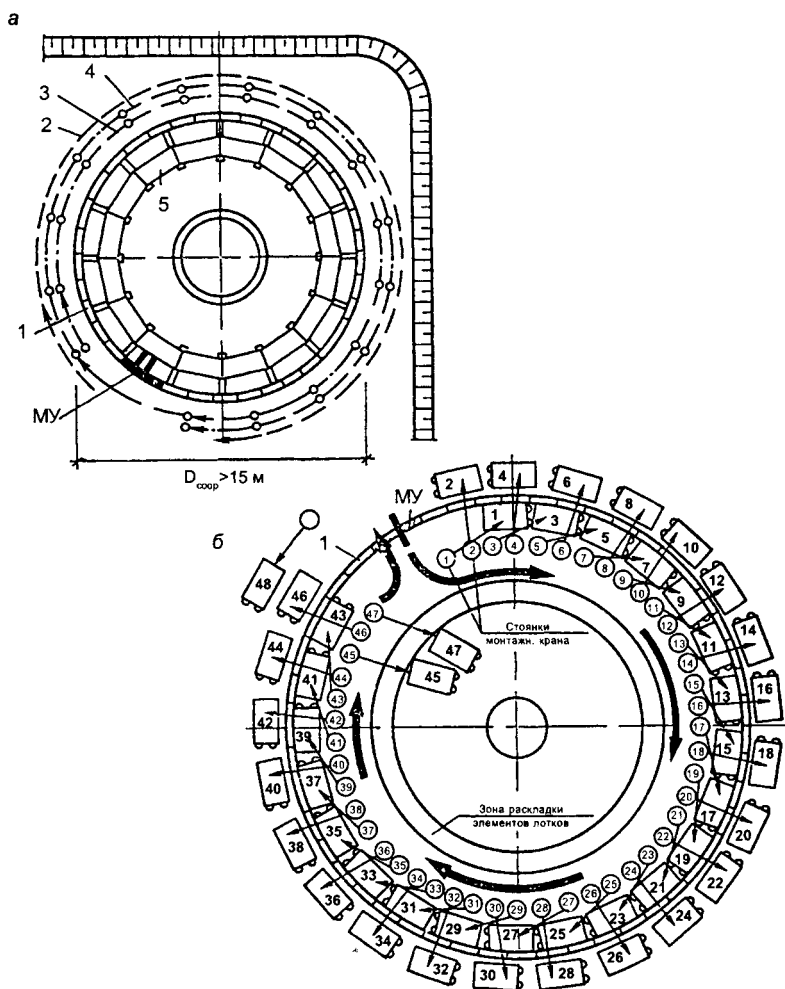


Рис. 24.14. Схема монтажа радиальных отстойников:

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 щиты; 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 (форкопф); 19 — угловой лоток; цифры на панелях и в кружках указывают места их раскладки и последовательность монтажа; МУ — монолитный участок (сооружение)

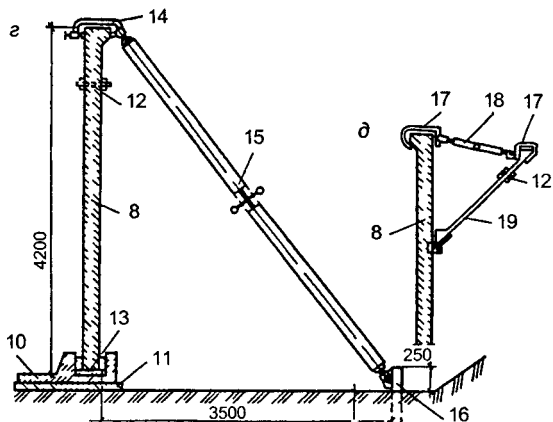
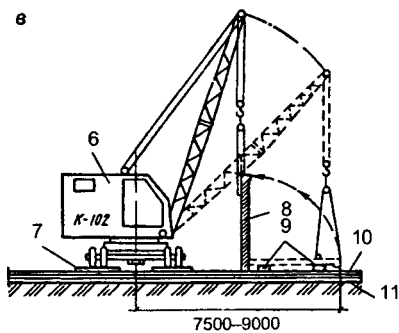


Рис. 24.14 (окончание)

Монтаж элементов сборных лотков ведут одновременно со стенами и закрепляют их инвентарными стяжками и муфтами со струбцинами (рис. 24.14, 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.

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. Поскольку 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 одними 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. 24.15).

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 м с гуськом (см. рис. 24.15), который делает в процессе своего движения вокруг сооружения шесть стоянок.

Производя выверку стеновых панелей, их рихтовку и окончательное закрепление сваркой закладных деталей, переходят к монтажу плит покрытия, имеющих в плане трапециевидную форму (рис. 24.15, 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 сверху. 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. 24.16, а. 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

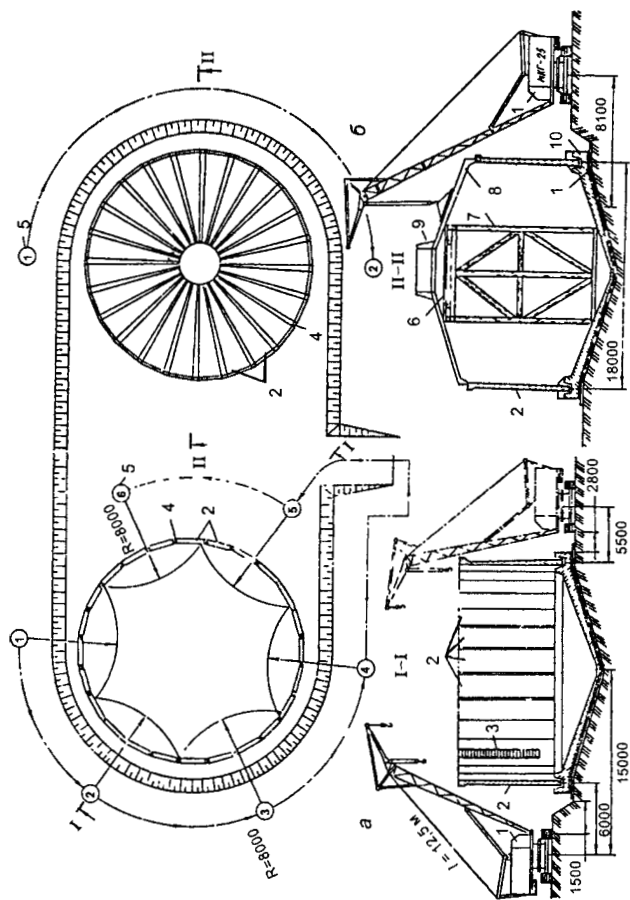


Рис. 24.15. Пример монтажа метантенков диаметром 18 м из типовых плоских панелей гусеничным краном:

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 — деревянные настил; 7 — трубчатая инвентарная эстакада; 8 — опорное кольцо покрытия; 9 — опорное кольцо покрытия; 10 — монолитное днище метантенков с выступами для установки стеновых панелей

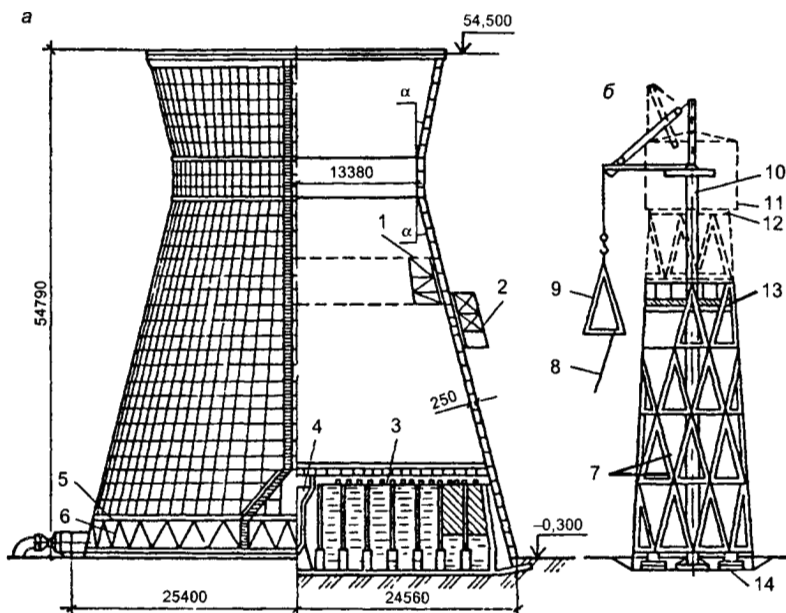


Рис. 24.16. Монтаж градирни (а) и водонапорной башни (б):

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

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. 24.16, б), монтируемых кольцевыми рядами

ми 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.

24.5. ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

При возведении из монолитного железобетона сооружений систем водоснабжения и водоотведения наиболее сложным и трудоемким для производства работ являются многочисленные емкостные сооружения прямоугольной и круглой (в плане) формы. Трудность бетонирования подобных сооружений заключается в том, что при бетонировании основных их 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.

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. При плотных грунтах основания щебень и бетон в котлован доставляют автосамосвалами непосредственно в рабочую зону (рис. 24.17, 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. 24.17, б). Бетон также подают стреловыми кранами в бадьях, загружаемых смесью на заводе и доставляемых в автомобилях (рис. 24.17, в) или на объекте с доставкой смеси автосамосвалами. Используют для этих целей и ленточные бетоноукладчики (рис. 24.17, г–е). Бетоноукладчиком, передвигающимся по берме котлована, подают смесь на полосу шириной до 20 м с каждой

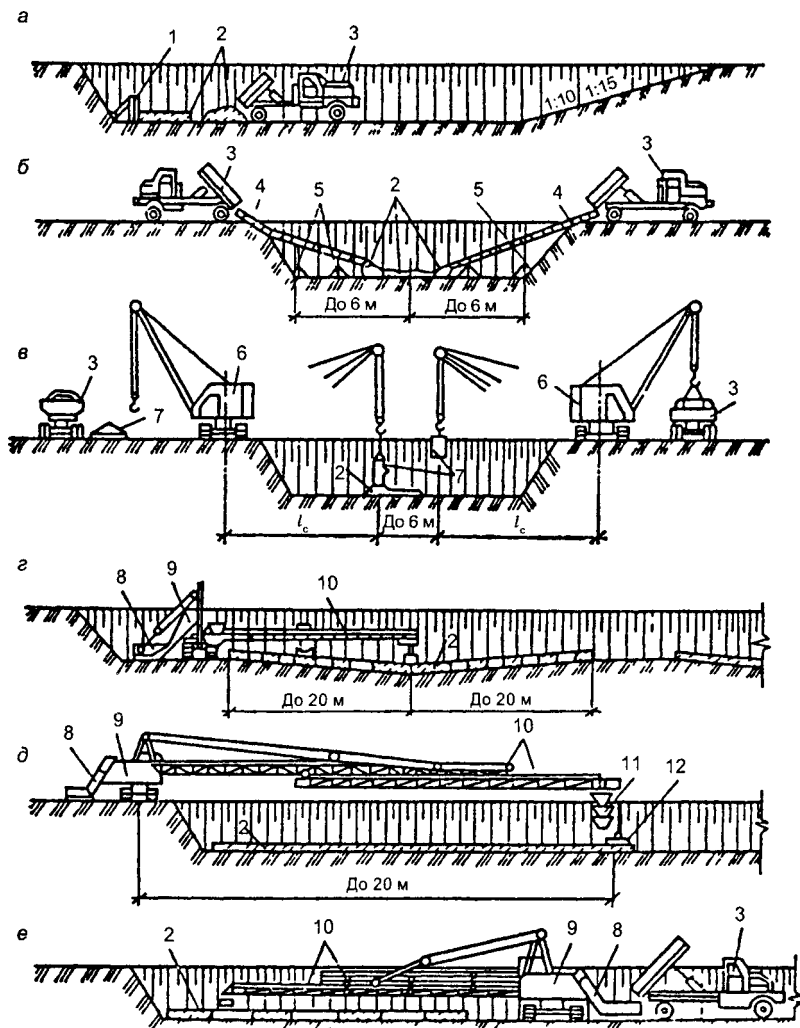


Рис. 24.17. Схема устройства щебеночной и бетонной подготовки под днища емкостных сооружений:

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

стороны, разравнивают и уплотняют ее. Бетонные подготовки сооружений больших площадей (под горизонтальные отстойники, аэротенки и др.) устраивают помощью автобетоноукладчиков или автобетононасосов (см. рис. 24.18, в), работающих с бермы котлована и укладывающих бетонную смесь в подготовку полосами шириной по 5–6 м.

При устройстве бетонных подготовок (как затем и бетонного днаща) применяют бетононасосные установки производительностью

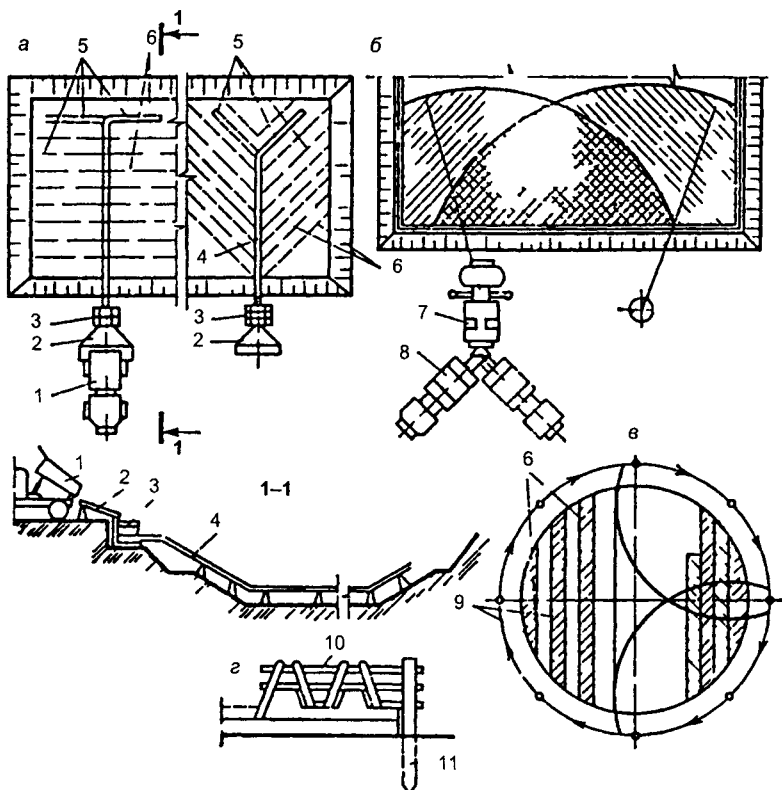


Рис. 24.18. Схема укладки бетонной смеси бетононасосами и устройства опалубки днаща:

1 — автосамосвал; 2 — вибробункер; 3 — бетононасос; 4 — бетоновод; 5 — места укладки бетоноводов в процессе бетонирования; 6 — рабочие швы в бетоне; 7 — автобетононасос; 8 — автобетоносмеситель; 9 — забетонированные полосы; 10 — ригель; 11 — свая

5–40 м³/ч с радиусом действия до 300 м. Смесь такой установкой укладывают отдельными полосами шириной 6 м, параллельной одной из сторон сооружения или «в елочку» (рис. 24.18, а). Однако более эффективным для устройства подготовки (как и днища) является применение автобетононасосов с трубчатой сочлененной стрелой (рис. 24.18, б); с одной стоянки можно укладывать смесь на площади радиусом до 23 м. В цилиндрических сооружениях полосы бетонирования разграничивают по хорам основания последовательно или через одну (рис. 24.18, в).

Бетонирование днища. Перед бетонированием 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 виброрейками по маячным рейкам, укладываемым на расстоянии 2–3 м одна от другой, а асфальтовую – поверхностными вибраторами или легкими катками.

Опалубка днища обычно включает в себя опалубку по наружному периметру днища, при сборных стенах сооружений опалубку пазов – гнезд (рис. 24.18, г) и опалубку приямков. Опалубку устраивают из заранее изготовленных щитов или отдельных опалубочных блоков, что особенно целесообразно при сложной форме днища сооружений.

Арматуру днища монтируют из арматурных сеток, каркасов или отдельных стержней. В цилиндрических сооружениях днища делят концентрическими окружностями, которые затем дополнительно делят на секторы трапециевидальной формы (рис. 24.19, а). По размерам этих секторов изготавливают арматурные каркасы, размеры которых соответствуют габаритам транспортных средств. Для армирования днища используют также арматурные сетки из стержней диаметром 5–8 мм (в зависимости от размера днища 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. 24.19, б). В прямоугольных сооружениях небольших размеров раздельная 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. 24.19, в). Работы при этом ведут последовательными

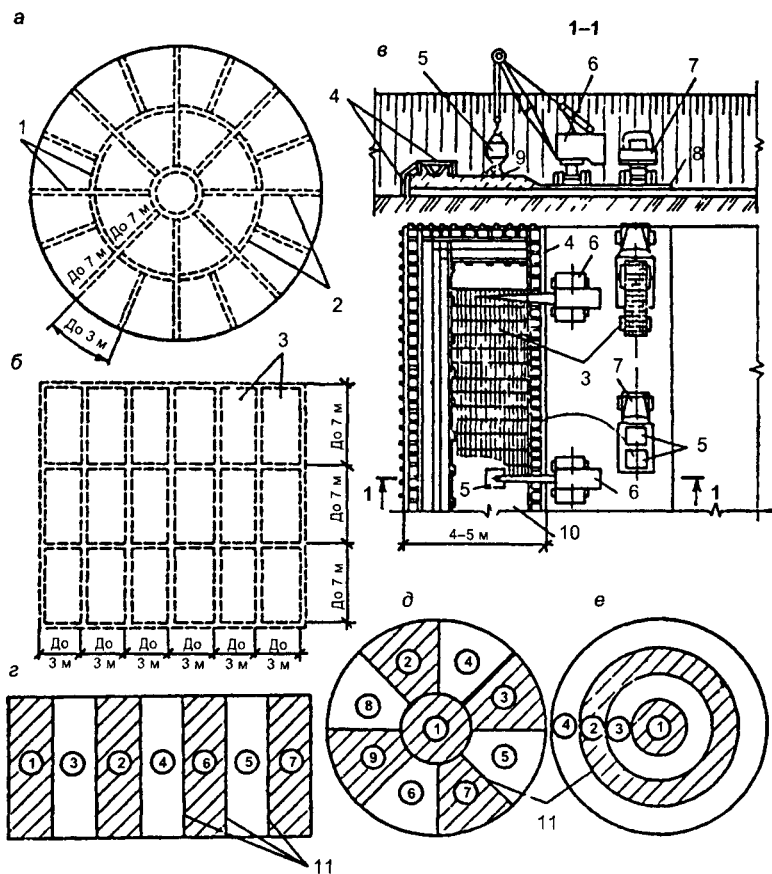


Рис. 24.19. Схемы организации работ при устройстве дна емкостных сооружений:

1 — контуры каркасов; 2 — нахлестка арматурных каркасов; 3 — сетки в виде рулонов; 4 — опалубка; 5 — бадьи; 6 — кран; 7 — автомобили, доставляющие арматурные каркасы и бадьи с бетоном; 8 — временный настил для поезда кранов и транспорта; 9 — укладка бетона; 10 — забетонированное днище; 11 — рабочие швы, места установки опалубочных досок (цифры в кружках указывают последовательность бетонирования)

полосами или чаще через полосу (рис. 24.19, 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 перекалывают дорожные плиты в новое положение (для бетонирования следующей полосы) и одновременно 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. 24.17). Однако производство бетонных работ при этом несколько усложняется наличием арматуры, когда укладывать смесь в днище непосредственно из транспортных средств невозможно, и поэтому применяют дистанционные способы с использованием виброжелобов, бадей, а также бетононасосных установок. Пример устройства днища с подачей бетона бадьями приведен на рис. 24.19. Как и при устройстве подготовки, при бетонировании днища бетононасосными установками требуются частые перекладки бетоноводов, что в целом снижает эффективность этого способа. Поэтому более эффективным для бетонирования днищ является применение конвейерных бетоноукладчиков (см. рис. 24.17, *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. 24.17, *е*). Для бетонирования днища целесообразно также применять автобетоноукладчики (см. рис. 24.18, *б*). Стрелы таких полноповоротных бетоноукладчиков, состоящие из двух или трех секций (звеньев), соединенных шарнирно между собой, позволяют подавать смесь в любую точку в пределах радиуса действия стрелы.

Для эффективной организации процесса укладки смеси в днище его разбивают на полосы бетонирования с соответствующей установкой опалубки 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. 24.19, *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. 24.19, 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. 13.9, б). При этом по шлангам с помощью сжатого воздуха подают сухую бетонную смесь, которую на выходе из концевой сопла смешивают с водой. Бетонная 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 машин (см. рис. 13.9), главной из которых является бетон-шприц-машина.

Наиболее трудоемким при возведении монолитных емкостных сооружений (резервуаров, отстойников, фильтров, аэротенков и др.) является бетонирование их стен, имеющих часто переменную толщину (200–500 м) и высоту (до 5–7 м).

Бетонирование стен 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 обеспечить герметичность (водонепроницаемость) емкости можно только при достаточно высокой 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 ее схватывания.

При бетонировании стен в щитовой переставной или стационарной опалубке (рис. 24.20) их делят на ярусы бетонирования высотой 1–1,2 м и блоки бетонирования (рис. 24.20, 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. 24.20, в, г), а затем, наращивая опалубку, укладывают смесь во все остальные ярусы. Смесь укладывают слоями 20–25 см с временными интервалами, не превышающими 1,5–2 ч (в соответствии со временем ее схватывания). Процесс укладки смеси при этом чередуется с процессом наращивания опалубки (рис. 24.20, д).

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

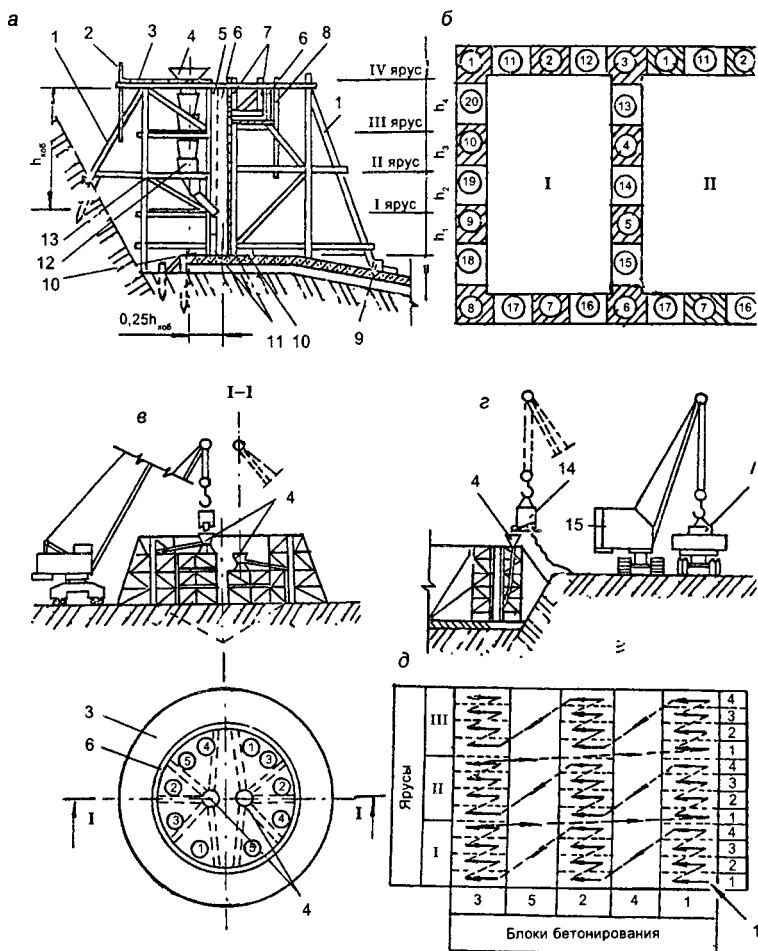


Рис. 24.20. Бетонирование стен емкостных сооружений в щитовой опалубке:

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 — бетонлируемые 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

сборные) железобетонные конструкции внутри сооружения – колонны, 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 передвигающегося по рельсам агрегата (рис. 24.21, 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 соответствии с проектом. Технологическая схема бетонирования стен отстойника в горизонтально скользящей опалубке приведена на рис. 24.21. 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

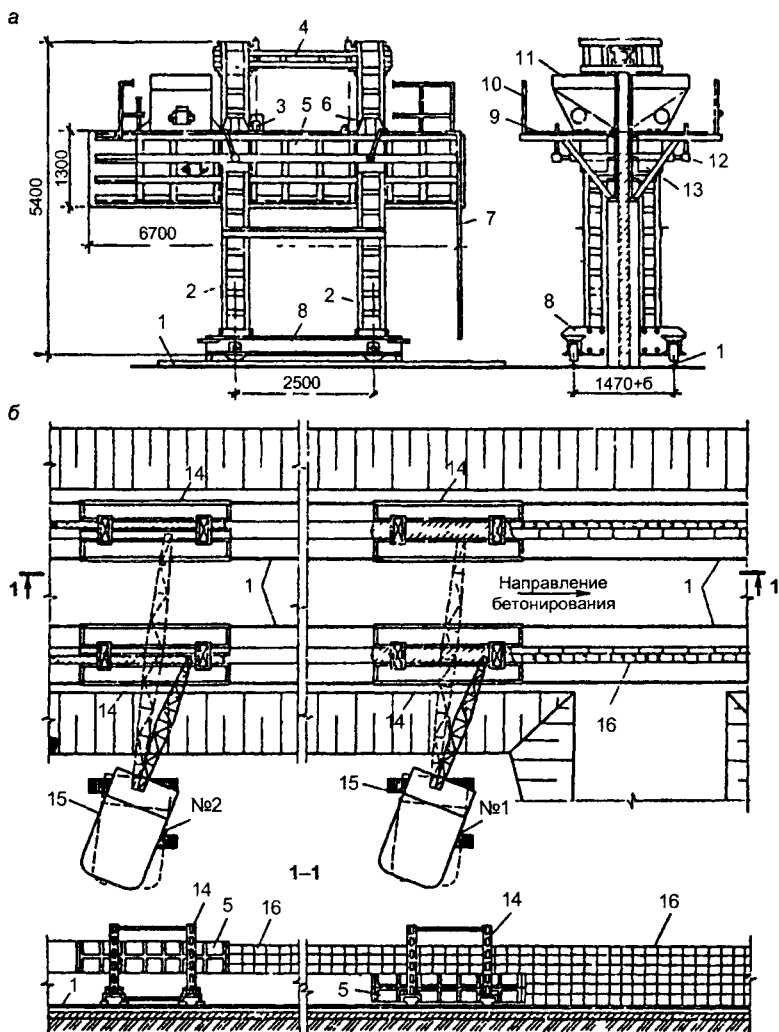


Рис. 24.21. Бетонирование стен прямоугольного отстойника с помощью горизонтально скользящей опалубки:

а — схема опалубки; б — технологическая схема бетонирования стен; 1 — рельсовый путь; 2 — стойки; 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

в опалубке уплотняют вибраторами, установленными на щитах. Необходимое качество монолитных стен при этом в значительной мере обеспечивается правильным выбором скорости передвижения агрегата опалубки, которая обуславливается сроком достижения минимальной прочности бетона, достаточной для освобождения его из опалубки. Обычно она принимается равной 4–8 м/ч, а при использовании ускорителей твердения бетона – до 10–12 м/ч.

Бетонирование стен цилиндрических сооружений осуществляется в универсальной горизонтально скользящей опалубке. Рельсовый путь для передвижения опалубки выгибают в соответствии с радиусом бетонируемой стены. При этом внутренний рельс укладывают и крепят к закладным деталям 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. 24.22. 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 бетонируемого сооружения.

24.6. БЕТОНИРОВАНИЕ СТЕЛОВ 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 стелов круглых водонапорных башен. Процесс бетонирования стен в подъемно-переставной опалубке представлен на рис. 24.23, а. Опалубку переставляют вверх по мере бетонирования

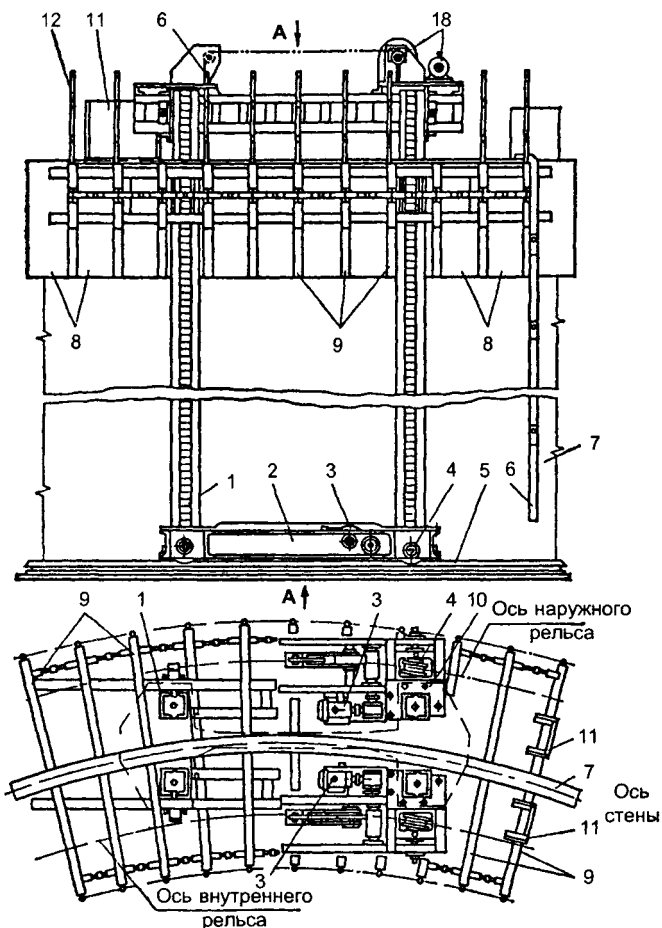


Рис 24.22. Бетонирование стен цилиндрических емкостных сооружений в универсальной горизонтально скользящей опалубке:

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

с помощью специальной подъемной головки на каркасе шахтного подъемника после того, как бетон приобретает прочность, достаточную для распалубливания. При подъеме опалубку переставляют поярусно

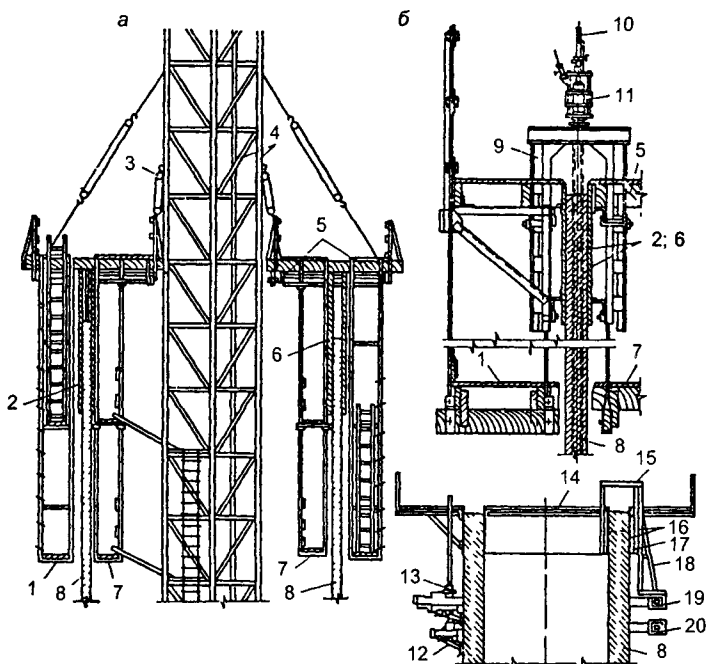


Рис. 24.23. Бетонирование стен ствола водонапорной башни:

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 — цанговые 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

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. 24.23, 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. 13.2, *в*). Подъем такой опалубки (см. рис. 24.23, *в*) обеспечивается специальным устройством для опирания на ранее отформованную часть бетонной стены путем двустороннего ее обжатия выдвижными или самозаклинивающимися звеньями. Движение опалубки по вертикали осуществляется 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 опалубка удерживается с помощью наружной опорной рамы, а щиты опалубки вместе с кружалами поднимаются 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 сооружений двоякой кривизны (типа гиперболических оболочек градирен), изменяя площадь щитов опалубки и угол наклона. Укладку бетонной смеси ведут непрерывно и послойной (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 двухконсольного крана (рис. 24.24, *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 подрашивают путем установки вставки на высоту 1,2 м (соответственно высоте щита).

На схеме (рис. 24.24, *б*) показан пример бетонирования оболочки градирни специальным одноконсольным 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 бетонируют также в подъемно-переставной опалубке с применением двухконсольного башенного агрегата на двух противоположных захватках (рис. 24.25, *а*). Стену бетонируют ярусами высотой 1,25 м. Симметрично расположенные стрелы крана снабжены подвесными подмостями-люльками для производства бетонных работ на высоте (рис. 24.25, *б*). Каждый ярус оболочки

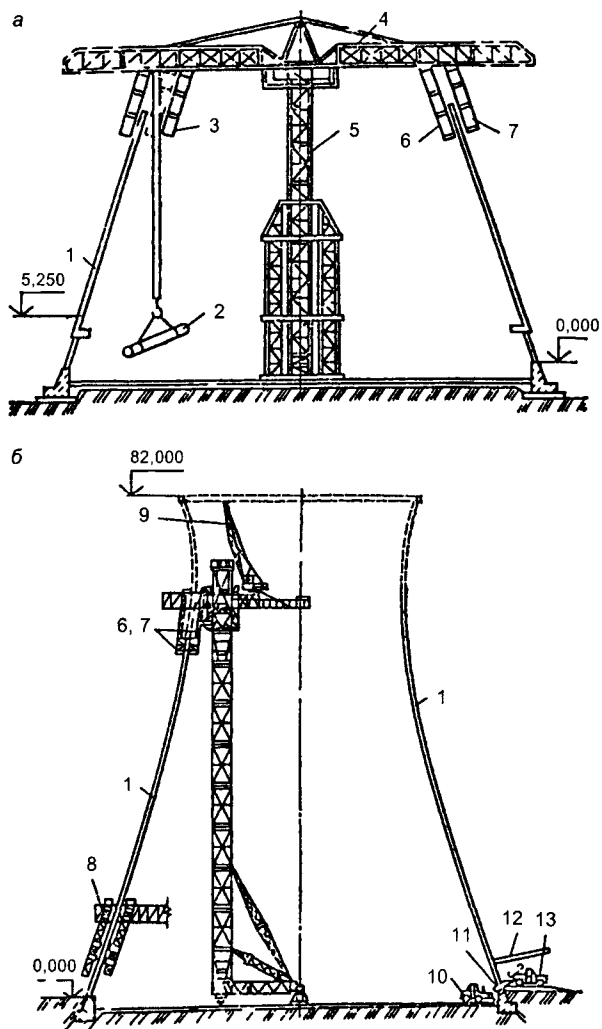


Рис. 24.24. Способы бетонирования градирен:

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

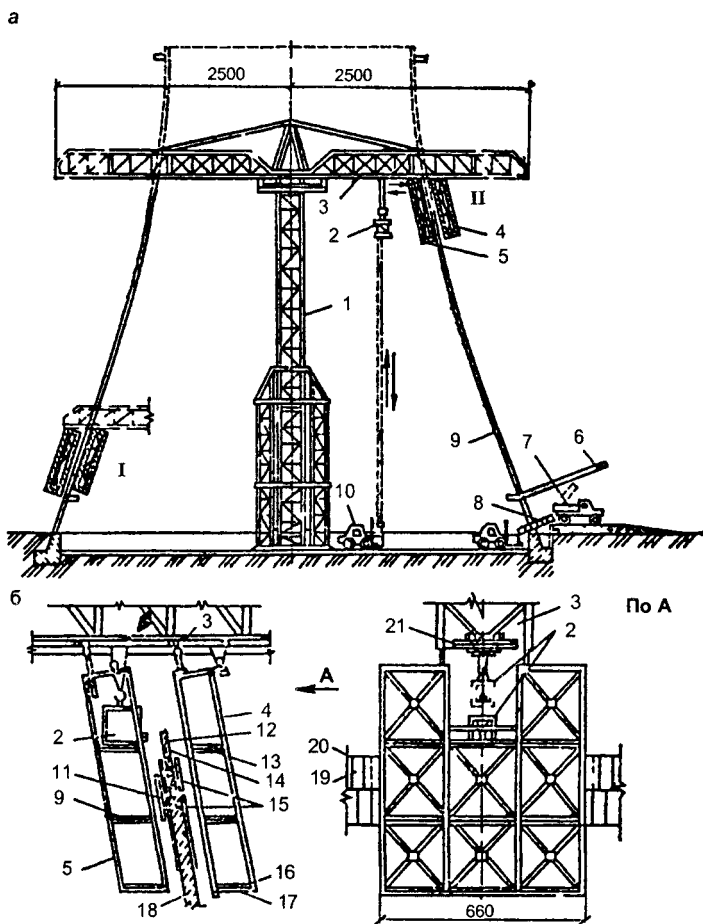


Рис. 24.25. Схема бетонирования оболочки градирен с применением двухконсольного крана:

I, II — положение люлек соответственно при бетонировании нижних и верхних поясов; 1 — башня крана; 2 — вибробадья вместимостью 0,75 м³; 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 — щиты 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

бетонируют горизонтальными слоями толщиной 25 см захватками длиной, равной длине люльки (7–8 м). Каждый слой перекрывают до начала схватывания бетона в нижележащем слое, учитывая 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.

24.7. СВАРКА И ЗАМОНОЛИЧИВАНИЕ СТЫКОВ МЕЖДУ СБОРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ СООРУЖЕНИЙ, ИХ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ

Эксплуатационная надежность и строительная 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, с применением электродной проволоки или штучных электродов. Выполняемые при монтаже емкостных сооружений сварные швы всех видов должны обеспечивать равнопрочное соединение стыкуемых элементов.

Защита закладных деталей и арматурных выпусков от коррозии в процессе монтажа конструкций чаще всего выполняются 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, удалять которые очень трудно. При газопламенном нанесении защитных покрытий используют порошки цинка или 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 имеет первостепенное значение. Для заделки стыков применяют бетонные смеси и растворы, приготовленные на быстротвердеющих цементах или портландцементных марки не ниже 400. Растворные и бетонные смеси, подаваемые в стыки растворонасосами или пневмонагнетателями на расстояние более 40 м, должны удовлетворять специальным требованиям, обеспечивающим их транспортирование по трубам без образования пробок, должны иметь устойчивую структуру и не расслаиваться.

Замоноличивание стыков бетоном или раствором производят монтажники, ведущие установку конструкций, после выверки элементов, приемки сварных соединений и антикоррозийной защиты металлических деталей. Непосредственно перед замоноличиванием проверяют правильность и надежность установки опалубки, помостов 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. 24.26). Герметичность стыка при этом обеспечивают применением специальной инвентарной щитовой опалубки с уплотнением ее резиной толщиной 30 мм (рис. 24.26, 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. 24.26, в), до появления над верхней кромкой панелей раствора нормальной консистенции. После извлечения сопла в инъекционное отверстие вставляют пробку. Тяжные болты через 1–1,5 ч после заполнения стыка проворачивают, 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.

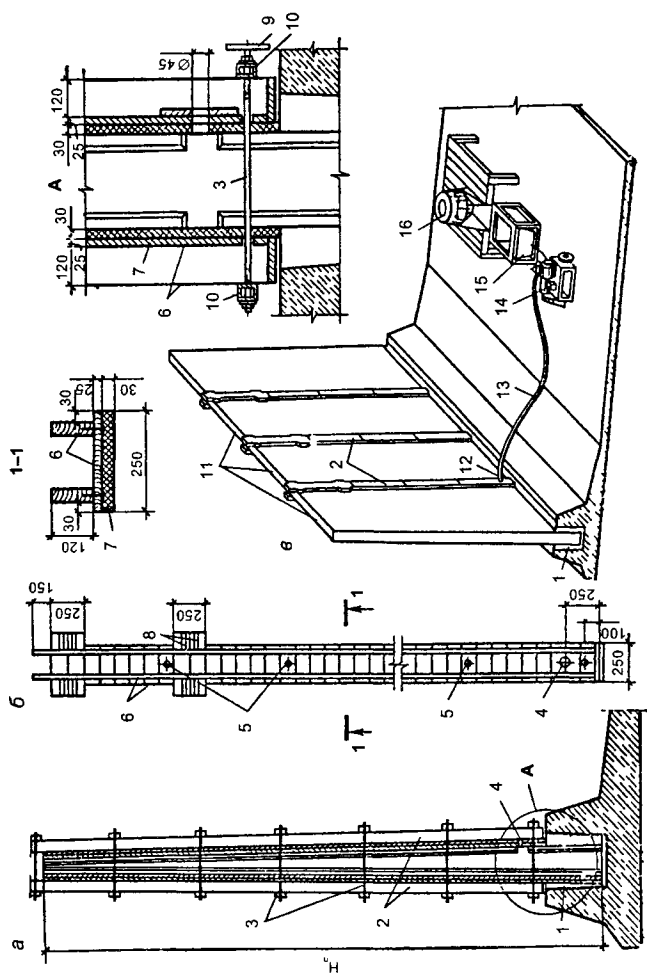


Рис. 24.26. Схемы замоноличивания стыков между стеновыми панелями и применяемые для этого устройства:

1 — паз монолитного дна; 2 — инвентарные опалубочные щиты; 3 — стяжные болты; 4 — стяжные болты; 5 — отверстие для сопла; 6 — отверстие для сопла; 7 — резина пористая; 8 — подкос; 9 — ручка; 10 — уголок 50×50×5 мм (спаренные); 11 — стеновые панели; 12 — сопло; 13 — шланг; 14 — растворонасос; 15 — приемный бункер; 16 — смеситель (передвижной)

При замоноличивании стыков панелей, установленных в паз днища, вначале заделывают горизонтальные стыки между панелями и выступом паза днища (рис. 24.27, а), а затем вертикальные стыки между самими панелями. 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 краном (рис. 24.27, 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 помо-

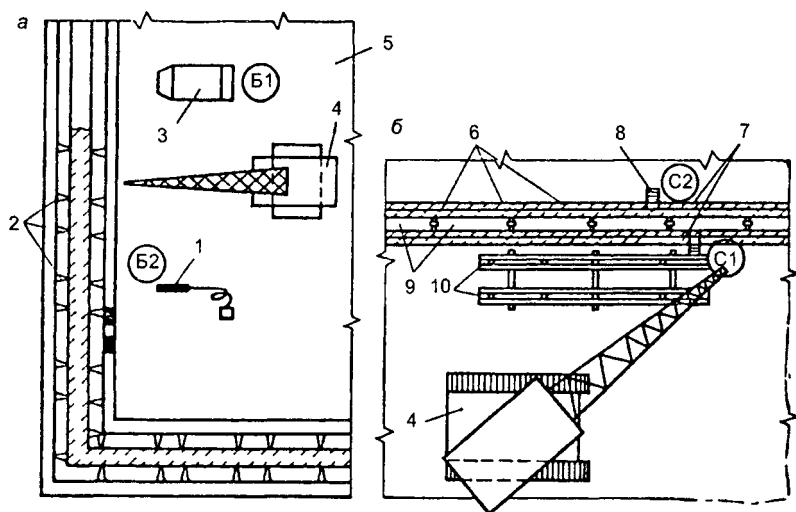


Рис. 24.27. Замоноличивание стыков между стеновыми панелями:

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

щью 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. 24.28) возможна с помощью агрегатной установки, включающей в себя торкрет-машину производительностью 4 м³/ч, бетоносмеситель, сниповый подъемник, пневматический бак для воды и др. (рис. 24.28, б). При этом операции выполняют 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, наполняют ковш снипового подъемника составляющими торкретной смеси, запускают бетоносмеситель и высыпают в него составляющие, перемешивают сухую смесь и высыпают ее в работающую торкрет-машину, обеспечивают подачу сухой смеси и воды к соплу и послойно наносят торкрет в полость стыка (рис. 24.28, 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 торкретчики Т-1 и Т-2, кроме агрегатной установки, должны также иметь компрессорную 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

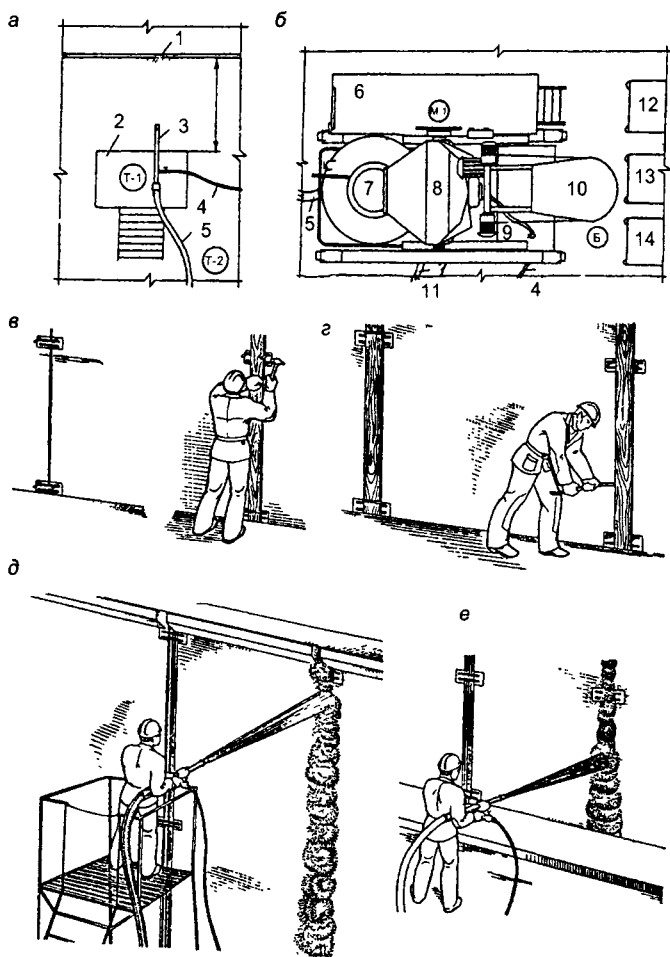


Рис. 24.28. Схемы заделки стыков между панелями сборных сооружений методом торкретирования:

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 — материальный рукав; 6 — рабочая площадка машиниста агрегатной установки; 7 — торкрет-машина; 8 — бетоносмеситель; 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

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 торкретчики 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.

Гидравлические испытания сооружений производят в целях проверки прочности их конструкций и определения степени водонепроницаемости стен и днища, причем поле завершения всех строительно-монтажных 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 днища; 2) то же, заполнение до проектной отметки. Во время заполнения следят за уровнем воды и состоянием ограждающих конструкций, стыка стен 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 м² смоченной его внутренней поверхности, л/м²,

$$q = (V_1 - V_2) / (F_{ст} + F_{д}),$$

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, m^2 ; $F_{д}$ – то же, днища, m^2 .

Признается выдержавшим испытание сооружение (согласно СНиПу), если убыль в нем воды за сутки не превышает 3 л на 1 m^2 смоченной поверхности стен и днища; нет выхода струек воды через стеновые панели и особенно через стыки; температурные или деформационные швы не обнаруживают признаков течи, увлажнение грунта в основании отсутствует. При испытаниях на наружных поверхностях сооружения допускается только потемнение в отдельных местах. Если обнаружены струйные течи или потеки воды по стене, даже если количественно потери 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. Испытание сооружения после этого повторяют до тех пор, пока не будет обеспечена требуемая нормами степень водонепроницаемости.

Метантанки до сдачи в эксплуатацию после гидравлического испытания на водонепроницаемость проверяют еще на газонепроницаемость (герметичность). При этом уровень воды в метантанке 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 метантанка, а также все соединения, люки и крышки, расположенные выше уровня воды. В процессе испытания определяют утечку воздуха и сравнивают ее с допустимой.

24.8. УСТРОЙСТВО ЗАГЛУБЛЕННЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОПУСКНЫМ СПОСОБОМ

Сушность 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. 24.29). При этом его масса должна превышать общую величину силы 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

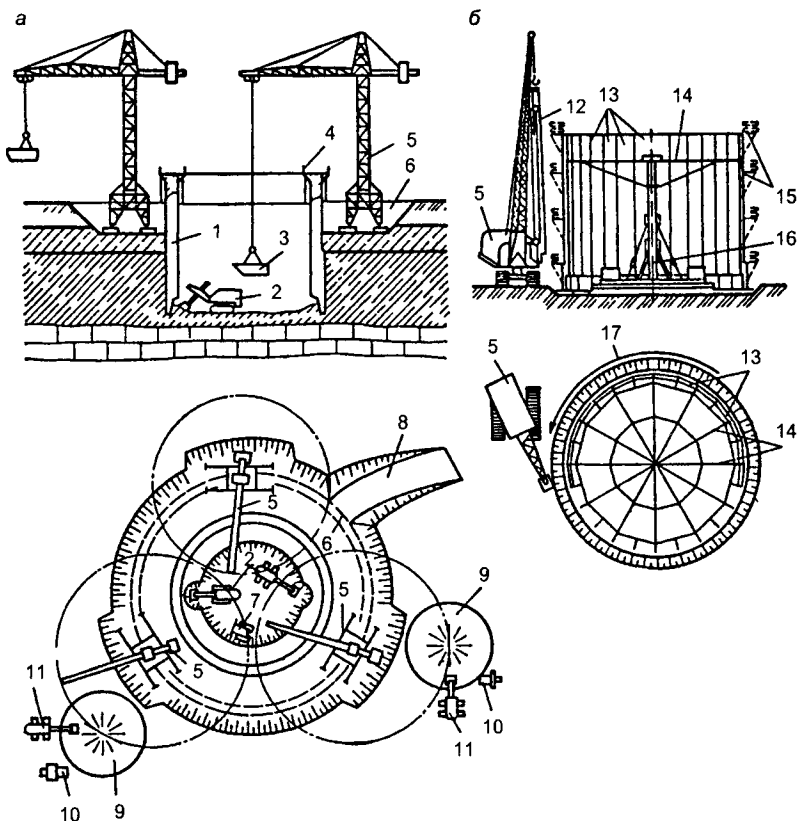


Рис. 24.29. Схема устройства опускных колодцев из монолитного (а) и сборного (б) железобетона:

1 — железобетонные стены колодца с ножом; 2 — экскаватор; 3 — бадья для грунта; 4 — опалубка; 5 — кран; 6 — пионерный котлован; 7 — бульдозер; 8 — выездная траншея; 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

проектной отметки. Для уменьшения сил трения применяют тиксотропные рубашки, т.е. в свободную полость между грунтом и наружной стеной, образованную при погружении наружным уступом стен 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 бетонирования. 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.

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 землеройного и другого оборудования. Снятие колодца с временного основания и его погружение производится после достижения бетоном ножевой части и первого яруса стен проектной прочности, а последующих ярусов – 70 %-ной 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 водопони-

жения или же без их применения, разработку грунта в сухих условиях ведут землеройными механизмами (экскаваторами, бульдозерами) с подъемом его в бадьях кранами либо в мокрых условиях с разработкой грунта из-под воды средствами гидромеханизации (гидромониторами с выдачей его гидроэлеваторами или землесосами).

Систематический контроль за погружением колодца ведут с помощью рисков, нанесенных на стены, или нивелировочных 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 накреняться. Смещение и перекосы (крены) должны устраняться немедленно, как только будут обнаружены. Позже трудно его выпрямить. На практике применяют несколько способов исправления 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 днища опускного колодца является завершающей операцией. При погружении колодца в необводненных грунтах никаких осложнений при устройстве днища 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 днища. 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 днище. Для устройства бетонной подушки применяют два метода подводного бетонирования: восходящего раствора и вертикально перемещающейся трубы (рис. 24.30, а, б). Бетонную смесь укладывают до отметки, превышающей проектную на 100–150 мм. Так как последний слой 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 днище. Первый слой бетона

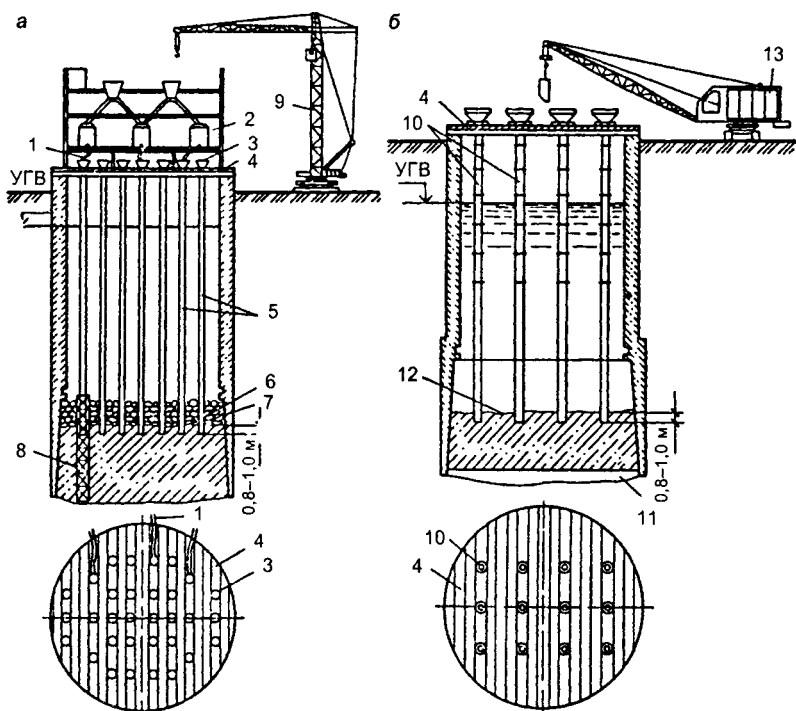


Рис. 24.30. Схема подводного бетонирования подушки дна опускного колодца:

a — методом восходящего раствора (BP); *б* — методом вертикально перемещающейся трубы (BPT); 1 — раствороподающие шланги; 2 — растворосмесительный узел; 3 — металлические воронки; 4 — перекрытие над колодцем; 5 — раствороподающие 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

(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. 24.29, 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 ответственными операциями 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.

24.9. 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. 24.31, а, б. Для устройства круглых и прямолинейных замкнутых в плане траншей применяют траншеекопатели, процесс работы которых состоит из следующих

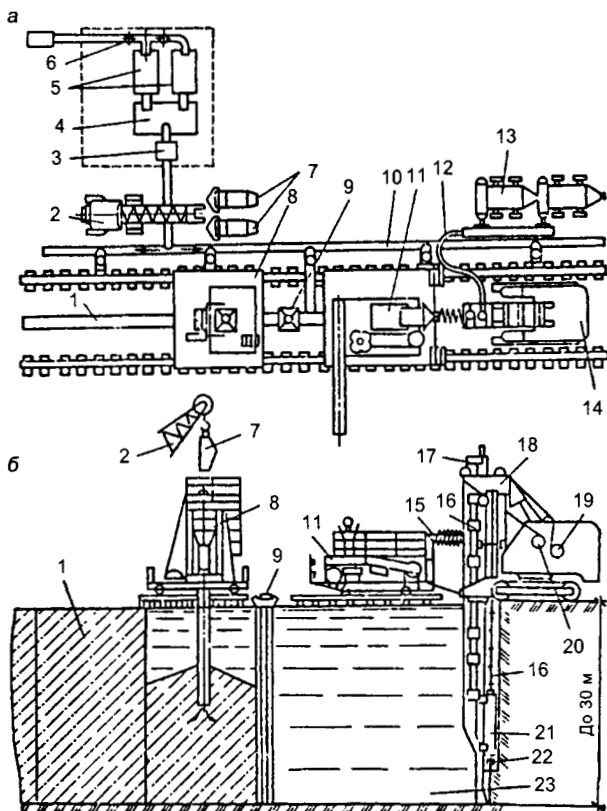


Рис. 24.31. Схемы расположения оборудования (а) и производства работ при устройстве стен сооружения способом «стена в грунте» (б):

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 — бадьи; 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 — пульпоотводящий шланг; 16 — трос; 17 — направляющий шаблон; 18 — рама; 19 — лебедка подъема стрелы; 20 — грузовая лебедка; 21 — электробур; 22 — вородоразрушающий инструмент; 23 — глинистая суспензия

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.

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 бетонируют 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 устраивают бетонную подготовку, гидроизоляцию и днище заглубленного сооружения.

24.10. 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 коллектора 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. 24.32, *a*.

Монтаж коллекторов прямоугольного сечения ведут единым объектным потоком с разбивкой общего фронта работ на шесть захваток (рис. 24.32, *a*) и со следующим распределением работ: рытье траншеи; устройство щебеночной и бетонной подготовки; выдерживание бетонной подготовки, завоз и раскладка сборных элементов; монтаж стеновых панелей и плит днища с замоноличиванием стыков; укладка плит покрытия (второй проходкой крана) с заделкой швов; выдерживание коллектора перед засыпкой; засыпка пазух и траншеи бульдозером. Выбор монтажного крана, как и в других случаях, производят по грузоподъемности, вылету крюка и высоте его подъема.

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 (рис. 24.32, *b*). После замоноличивания стыков между плитами днища и панелями, а также после приобретения стыками 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 покрытии. В заключение готовый коллектор покрывают слоем гидроизоляции и засыпают грунтом с использованием экскаватора с грейфером или бульдозера.

Монтаж коллекторов из объемных блоков (рис. 24.33, *a*) ведут поточным методом с разбивкой фронта работ на три захватки (рис. 24.33, *b*). При том на первой устраивают подготовку щебеночного основания, на второй – бетонную подготовку и на третьей – монтаж блоков краном с использованием специального вилочного захвата.

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.

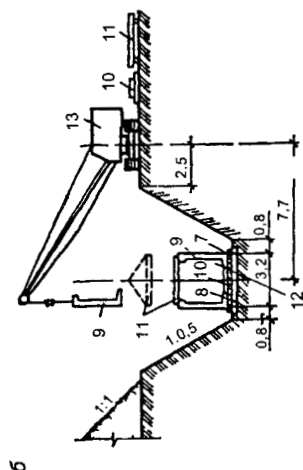
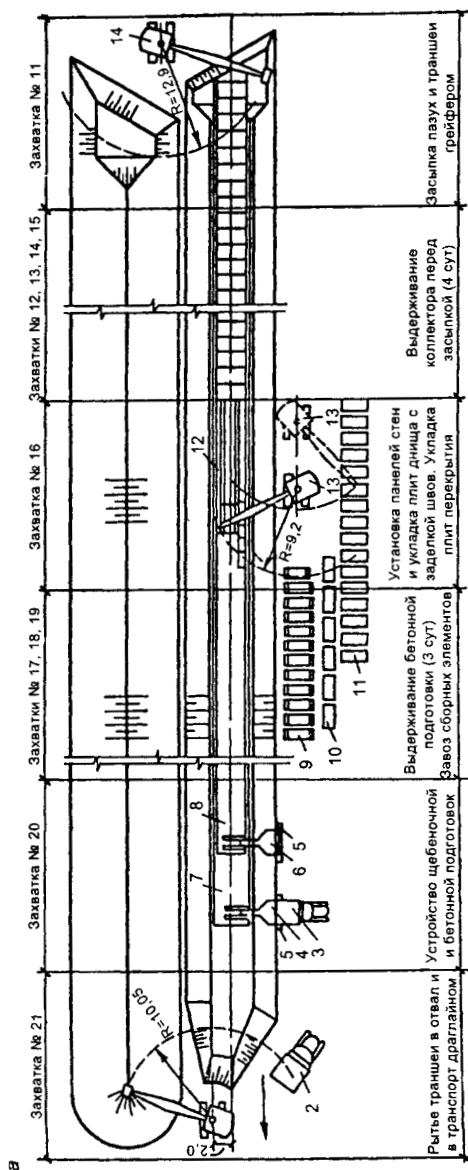


Рис. 24.32. Монтаж сборного железобетонного коллектора:

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; 5 — 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 — замонтируемый стык панелей и днища; 13 — кран-экскаватор; 14 — экскаватор с грейферным ковшом

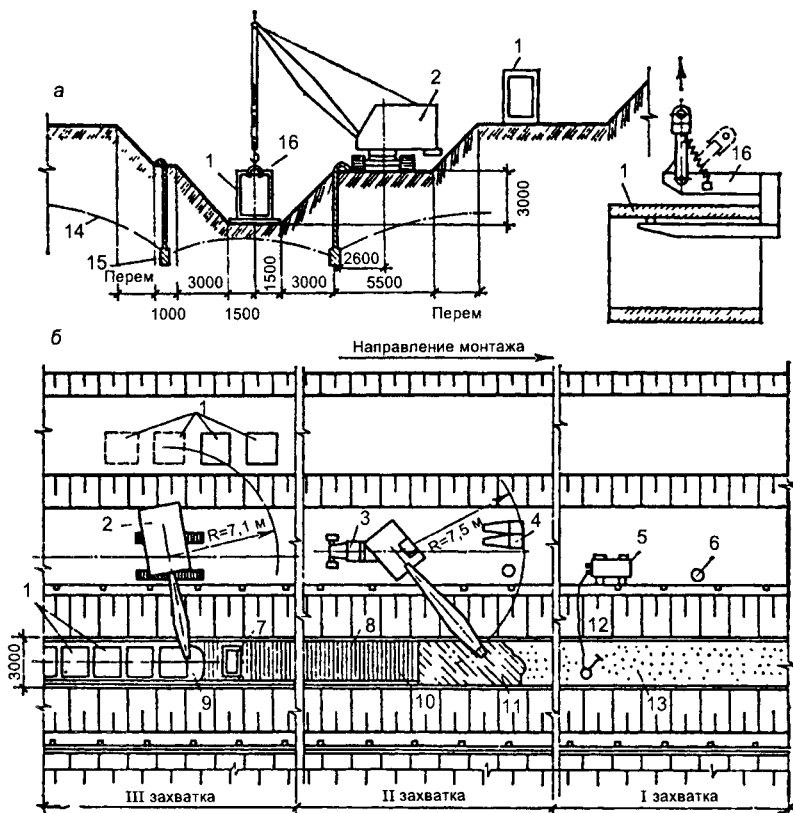


Рис. 24.33. Монтаж коллекторов из объемных блоков:

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

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. 24.34. Вначале размечают положение трубы

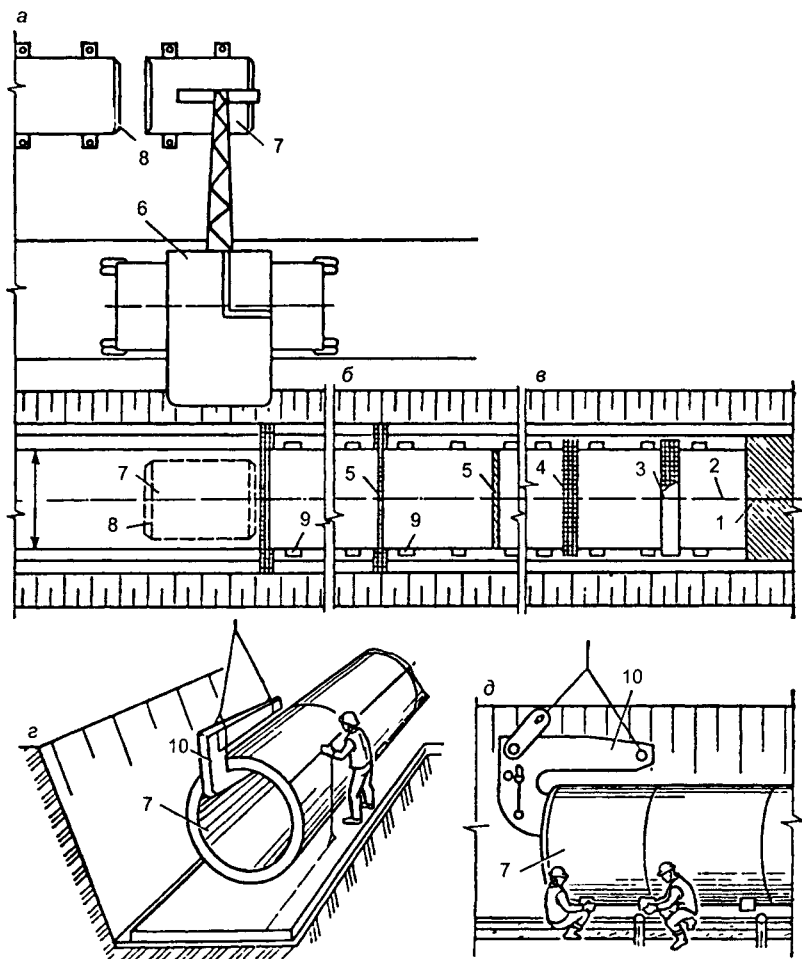


Рис. 24.34. Монтаж безнапорных коллекторов из железобетонных фальцевых труб диаметром 2000 мм:

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

на основании, затем опускают в траншею, укладывают трубу на основание 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 битуминизированной пеньковой прядью с зачеканкой увлажненной асбестоцементной смесью. Стыки фальцевых труб диаметром 2000–4000 мм заделывают торкретированием по обернутой арматурной сетке.

24.11. ОХРАНА ТРУДА ПРИ МОНТАЖЕ СООРУЖЕНИЙ И КОЛЛЕКТОРОВ

В целях безопасности труда при монтаже сооружений очень важно правильно подобрать и расположить монтажный кран, поверить устойчивость его в зависимости от крутизны откоса, характеристик грунтов и схемы передачи давления на грунт. На участке (захватке), где ведутся монтажные работы, не допускается выполнение других работ и нахождение посторонних лиц. Способы строповки должны обеспечивать безопасную подачу элементов к месту установки в проектное положение, при этом зона перемещения стрелы крана не должна накрывать рабочие места монтажников. На время перерыва в работе нельзя оставлять поднятые элементы на весу.

Для перехода монтажников с одной конструкции на другую применяют инвентарные лестницы, мостики и трапы. Нельзя переходить по установленным конструкциям и их элементам без специальных предохранительных приспособлений. Не допускается производить монтажные работы на высоте в открытых местах при скорости ветра более 15 м/с, а также при гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ. Расстроповку элементов можно производить лишь после постоянного или временного их закрепления.

При монтаже сооружений и коллекторов двумя кранами, расположенными с одной или двух сторон, надо принимать меры к предотвращению столкновения их или ударов стрелами. До начала монтажных работ необходимо установить порядок обмена условными сигналами между лицом, руководящим монтажом, и машинистом крана. Монтажники, принимающие или устанавливающие элементы покрытия, должны работать с предохранительными поясами; при

подъеме и установке элементов им следует находиться в том месте и выполнять те операции, которые указаны бригадиром или мастером.

Стеновые панели с опорной пятой монтируют без их временного крепления, а плоские панели, устанавливаемые в паз днища (особенно первые четыре-пять в цилиндрических сооружениях), следует обязательно временно раскреплять с помощью инвентарных устройств (струбцин, подкосов и т.п.). Последующие панели после выверки крепят к ранее установленным. При монтаже прямоугольных сооружений раскреплять следует каждую панель, так же как и каждую колонну покрытия. Временные связи, расчалки, кондукторы, подкосы, струбцины и другие приспособления снимать допускается после закрепления панелей и колонн постоянными (проектными) связями и после достижения бетоном в замоноличенных стыках не менее 70%-ной проектной прочности.

ГЛАВА 25. МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ

25.1. 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. 25.1, 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,

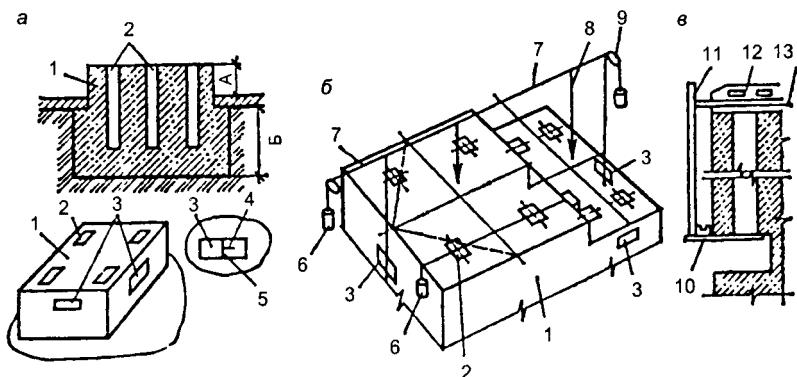


Рис. 25.1. Конструкция фундамента насосного агрегата (а), схема его разметки (б) и проверка глубины колодца (в):

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

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 устанавливается 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. 25.1, 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 отвесом масштабной линейкой. Прямоугольность фундамента проверяют натяжением шнуров по его диагоналям, которые должны быть равны. Глубину колодцев и про-

емов от высотных отметок поверяют с помощью реек, линеек и уровня (рис. 25.1, в).

25.2. 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 объеме, необходимом для начала монтажа оборудования, 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.

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. Передача его в монтаж производится по заявкам монтажников в установленные сроки и в соответствии с принятой последовательностью строительно-монтажных работ.

Приспособления и механизмы для монтажных работ. Подъем и перемещение оборудования в процессе монтажа выполняется с помощью грузоподъемных приспособлений — однорольных и многорольных блоков, лебедок, домкратов, монтажных мачт и порталных подъемников. Применяют также самоходные гусеничные, пневмоколесные, тракторные, башенные краны и краны-трубоукладчики.

Используют для монтажа оборудования и эксплуатационные мостовые и подвесные краны, тали, установленные в зданиях насосных и водоочистных станций. При монтажных работах применяют стропы, захваты и траверсы. В целях безопасного ведения работ используют инвентарные, подъемно-подвесные и выпускные леса, монтажные люльки и т.п.

25.3. 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 или на отдельных рамах. Фундамент под насосный агрегат имеет в плане прямоугольную форму с восемью анкерными гнездами, если насос и двигатель поставляются на отдельных рамах, или четыремя – 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, кратной 20–25 их диаметрам.

Насосы и насосные агрегаты монтируют монтажными кранами, но чаще для этой цели используют мостовые и подвесные краны, тали, которыми оборудуются здания насосных станций. Применяют также переносные треноги с ручной талью, лебедки и другие механизмы.

Монтаж горизонтального насосного агрегата с отдельными опорными плитами под насос и электродвигатель 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 устанавливают на фундамент за один прием. Эти насосные агрегаты или же отдельные узлы на отдельных 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. 25.2, *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 электродвигателя 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 соответствие фактического 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. 25.2, *б*). Зазоры между торцовыми плоскостями полумуфт замеряют щупом в четырех 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. 25.2, *в*, *г*). Подъемом или сдвигом подшипников или корпусов насосов достигают параллельности и концентричности расположения муфт. Запись проверки соосности полумуфт ведут по круговой диаграмме (рис. 25.2, *д*), причем замеры по окружности n проставляют 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° по направлению вращения и замеряют при этом зазоры n и m , снимая в каждом положении

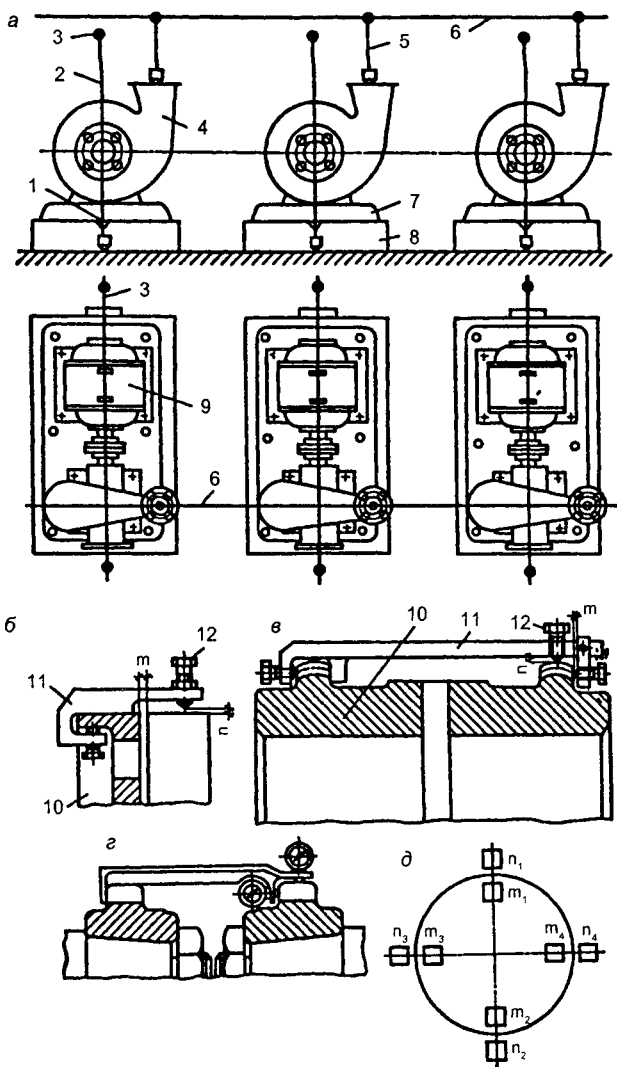


Рис. 25.2. Выверка насосов с помощью струн и центровка муфт с помощью шупа и индикатора:

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; n , m — замеры шупом

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 холостую и под нагрузкой.

25.4. МОНТАЖ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Монтаж вертикальных насосов (рис. 25.3, 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 ± 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 ± 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. 25.3, 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 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

* 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 мм.

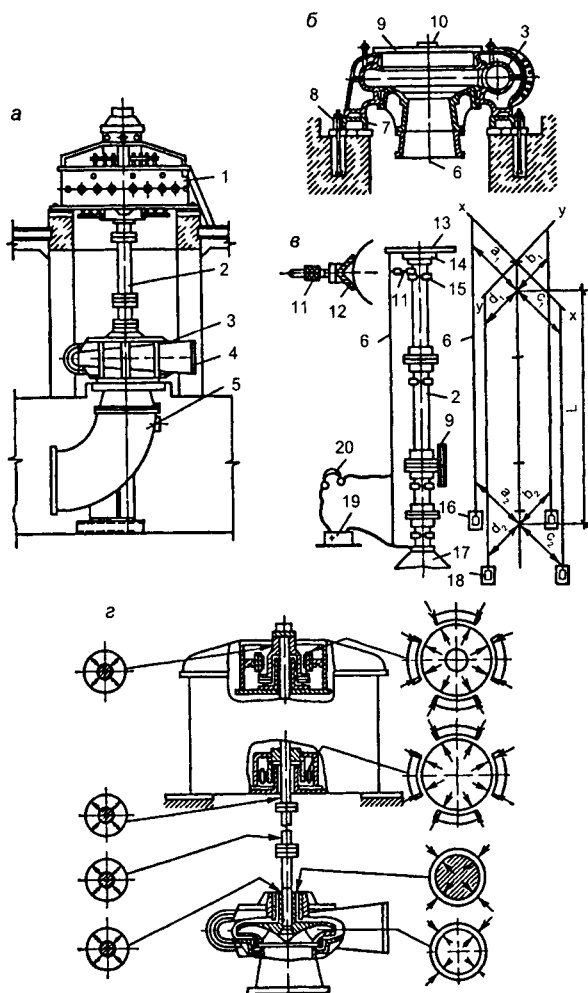


Рис. 25.3. Установка и выверка вертикального насоса:

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

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 трансмиссии и собирают электродвигатель, проверяя при этом зазоры между ротором и статором вверху в низу 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. 25.3, в). От закрепленной на верхнем фланце вала 2 крестовины 13 опускают четыре струны б 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 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 а, б, с, d по четыре 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 $\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$. Валы считают вертикальными, если выполняется условие $\Delta/L \leq 0,02$ 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 общую линию вала агрегата, измеряя биение вала двумя индикаторами, установленными

в горизонтальной плоскости под углом 90° (рис. 25.3, з). 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 полумуфт.

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.

25.5. ПРИСОЕДИНЕНИЕ К НАСОСАМ ТРУБОПРОВОДОВ И АРМАТУРЫ

Трубопроводы к насосу присоединяют только после фиксирования его к фундаментной плите или раме контрольными штифтами. Если к насосу присоединяют трубопровод большего диаметра, чем патрубков насоса, между ними устанавливают переходный конический патрубок с углом конусности не более 10° на напорном трубопроводе и 15° – 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 их разборки в случае необходимости. Разборные соединения на стганах 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 пломбы и заглушки с присоединительных патрубков насосного агрегата и присоединять к ним трубопроводы следует в присутствии представителей монтажной организации и технического надзора заказчика. После присоединения трубопроводов к насосу 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 комплексно 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.

25.6. ОПРОБОВАНИЕ, НАЛАДКА И СДАЧА ОБОРУДОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Смонтированное технологическое оборудование насосных станций и других сооружений подвергают наладке, выполняемой в период индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования под нагрузкой. При индивидуальных испытаниях проводят наладочные работы и испытание отдельных машин, механизмов и агрегатов в целях подготовки их для комплексного опробования. В период комплексного опробования производят пуско-наладочные работы, обеспечивающие предусмотренное проектом взаимодействие отдельных машин, агрегатов и систем, их надежную работу, а также наладку технологического процесса. Собственно комплексным опробованием оборудования является его опробование вхолостую и на рабочих режимах, т.е. под нагрузкой, с целью определения надежности совместной работы агрегатов и готовности объекта к вводу в эксплуатацию.

Опробование осуществляет заказчик с участием представителей генерального подрядчика, пусконаладочных, проектных и монтажных организаций, а при необходимости и предприятий-изготовителей оборудования. При этом заказчик обеспечивает дежурство квалифицированного персонала. Дефекты оборудования, выявленные в процессе испытания и наладки оборудования, устраняют предприятия-

изготовители в период его опробования до приемки объекта в эксплуатацию.

Опробование, наладка и пуск насосных агрегатов. Насосные агрегаты начинают готовить к пуску после завершения монтажных работ. Вначале производят расконсервацию оборудования (если она не была произведена раньше). Подшипники заполняют смазкой, проверяют состояние концевых уплотнений агрегата, особенно правильность набивки сальниковых уплотнений.

Перед пуском насоса подают воду на концевые уплотнения для охлаждения подшипников и других узлов. Электродвигатели с рассоединенной муфтой перед пуском агрегата обкатывают в течение 2 ч, следя за состоянием двигателя и его подшипников. Температура подшипников после обкатки не должна превышать 65°С. Соединяют полумуфты только при разобранной схеме питания приводного электродвигателя. Если валы насоса и двигателя соединены жесткой муфтой, полумуфты в этом случае не рассоединяют. Насосы перед пуском заполняют жидкостью. Центробежные насосы пускают, как правило, при закрытой задвижке. Осевые и погружные насосы пускают в работу при открытой напорной задвижке. Перед пуском следует убедиться в плавности и легкости вращения ротора.

Подготовленный к запуску насосный агрегат включают в работу с места или центрального диспетчерского пункта. Однако первые пуски в процессе наладки лучше производить с местного пульта. Продолжительность опробования различна для разных типов насосов. Если нет специальных оговорок в проекте или инструкции завода-изготовителя и в течение 2 ч насос работает устойчиво, то опробование считается законченным.

После устранения замеченных неисправностей и достижения положительных результатов пробного пуска приступают к испытанию насосного агрегата под нагрузкой. При испытании насосного агрегата определяют его подачу, напор и мощность. Продолжительность пусковых испытаний должна соответствовать требованиям инструкции завода-изготовителя. Результаты испытаний оформляют актом, являющимся основанием для сдачи насосов в эксплуатацию.

25.7. ОХРАНА ТРУДА ПРИ МОНТАЖЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Подавать оборудование под укрупнительную сборку или монтаж следует непосредственно в зону действия кранов. При этом узлы и де-

тали надо располагать так, чтобы не было необходимости их перекладывать или перекантовывать. Их необходимо укладывать не на пол, а на специальные стеллажи или подкладки высотой не менее 10 см, чтобы под них можно было завести стропы. Перед подъемом оборудования применяемые грузоподъемные средства и приспособления должны быть проверены и испытаны. Детали и узлы оборудования, монтируемого на высоте, перед подъемом и установкой следует тщательно очистить, а также проверить надежность крепления отдельных деталей во избежание их падения при подъеме. Сборочные операции на высоте разрешается выполнять только с лесов или подмостей, а при невозможности их установки – с применением предохранительных устройств (страховочных сеток, натянутых стальных канатов и т.п.).

Строповку деталей и сборочных единиц оборудования следует производить в местах, указанных в документации завода-изготовителя. Монтируемые агрегаты оборудования или их узлы и детали необходимо подавать к месту установки в положении, максимально близком к проектному. Поднятое оборудование опускают над местом установки на высоту 30–40 см, после чего монтажники направляют его и устанавливают в проектное положение. Запрещается выполнять работы под подвешенным оборудованием, а при необходимости под него следует подводить прочные опоры, рассчитанные на восприятие нагрузки от массы оборудования. Расстроповку оборудования и удаление других временных креплений разрешается только после полной установки его в проектное положение и закрепления всеми средствами, предусмотренными проектом.

ГЛАВА 26. МОНТАЖ ВНУТРЕННИХ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

26.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Для индустриализации монтажа внутренних санитарно-технических систем большое значение имеет заблаговременная заготовка отдельных деталей и их узлов на специализированных заготовительных предприятиях с поставкой их на объекты в полностью готовом виде для установки в проектное положение.

Заготовительному производству, таким образом, принадлежит ведущая роль при выполнении санитарно-технических работ индустриальным

методом. Поэтому к его организации предъявляются высокие требования.

Различают **заготовительные предприятия** следующих видов: заводы монтажных заготовок (ЗМЗ) на промышленном балансе (полном хозрасчете) в составе треста; центральные заготовительные мастерские (ЦЗМ) на строительном балансе монтажного управления или передвижная механизированная колонна (ПМК); участковая заготовительная мастерская (УЗМ) на строительном балансе монтажного управления или хозрасчетного участка. Эти заводы и мастерские оснащены современными высокопроизводительными трубообрабатывающими и металлорежущими станками, автоматическим и полуавтоматическим сварочным оборудованием, различными станками, механизмами и приспособлениями для быстрого и качественного выполнения всех видов требуемых заготовок.

Технология производства на заготовительных предприятиях осуществляется на основе операционного, поточно-операционного, агрегатного или конвейерного методов.

Заготовки водопроводно-канализационных внутренних санитарно-технических систем чаще выполняются на ЦЗМ. Ведущими цехами в них являются: трубозаготовительный и отделение чугуно-канализационных заготовок. Кроме них в ЦЗМ имеются отделение группировки радиаторов, механический цех, отделение окраски и сушки и котельно-сварочный цех.

Изготовление монтажных узлов из стальных труб диаметром до 50 мм осуществляют в трубозаготовительном цехе ЦЗМ поточным методом. При этом основные операции выполняют в такой последовательности: разметка труб по замерным бланкам или эскизам; отрезка концов; зенковка мест отрезки; нарезка резьбы; сверление отверстий и высечка седловин под сварку; сварка труб; комплектовка арматурой и фитингами; сборка, опрессовка, приемка; маркировка и комплектование заготовок крепежными изделиями. Для выполнения их операций трубозаготовительный цех оборудуют отрезными, нарезными и гибочными станками, разметочным и сборочным верстаками, сварочными аппаратами, стеллажами, конвейерами и др. Трубные заготовки обязательно испытывают на герметичность в специальной ванне сжатым воздухом и водой.

Гнутые трубопроводные детали изготовляют в такой последовательности: трубы размечают, отрезают и гнут. Разметку труб в монтажных условиях производят с помощью измерительного и разметочного инструмента, а на заготовительных предприятиях для этих целей используют разметочно-отрезные устройства в виде разметочного стола, объединенного с трубоотрезным станком.

Отрезку стальных труб в монтажных условиях производят вручную ножовкой или ручным труборезом (рис. 26.1, а), а также механизированным способом — труборезом СТД-120 (рис. 26.1, б), позволяющим отрезать трубы диаметром до 32 мм. На заготовительных предприятиях используют трубоотрезные станки (рис. 26.1, в).

Гибку металлических труб осуществляют в холодном или горячем состоянии с помощью ручных и приводных станков различных конструкций. Трубы больших диаметров при изгибе не должны превышать минимально допустимые (2–3,5 наружных диаметра изгибаемой трубы). Во избежание деформаций труб диаметром до 32 мм, при их гибке тщательно подбирают размеры гибочных роликов и оправок; трубы большего диаметра гнут с предварительной набивкой их сухим кварцевым песком. Гибку труб в холодном состоянии осуществляют с помощью ручных станков (рис. 26.1, з) диаметром до 20 мм при радиусегиба более 50 мм. Используют также комбинированные станки с тройными роликами для гибки труб диаметром 15, 20, 25 мм. В целях снижения ручного труда применяют трубогибочные станки с винтовым (рис. 26.1, д) и гидравлическим (рис. 26.1, е) приводами. Для гибки труб разных диаметров (до 40 мм) их снабжают сменными секторами.

На заготовительных предприятиях процесс гибки труб механизирован и осуществляется на приводных трубогибочных станках (рис. 26.1, ж). Гибку труб в горячем состоянии производят путем нагрева места изгиба и последующего поворота конца трубы вокруг оправки.

Нарезка и накатка резьб. Применяемые при монтаже санитарно-технических систем стальные трубы соединяются между собой на резьбе, сварке, фланцах, а также с помощью накидных гаек. Трубы на резьбе соединяются путем нарезки или накатки наружной резьбы на концах соединяемых труб и наворачивания муфты с резьбой. При соединении труб чаще используют трубную цилиндрическую резьбу и резе коническую. При небольших объемах работы резьбу нарезают вручную клуппами или плашками. На тонкостенных трубах резьбу накатывают накатными головками (рис. 26.1, з), так как нарезать резьбу на таких трубах не допускается из-за уменьшения толщины стенки трубы ниже критической. В заводских условиях резьбу нарезают на специальных станках и механизмах (рис. 26.1, и).

Соединение труб. Для неразъемных резьбовых соединений используется короткая резьба, длина которой несколько меньше половины длины муфты, а для разъемных применяют сгоны, которые соединяются с трубами муфтами и уплотняются контргайками. Соединение

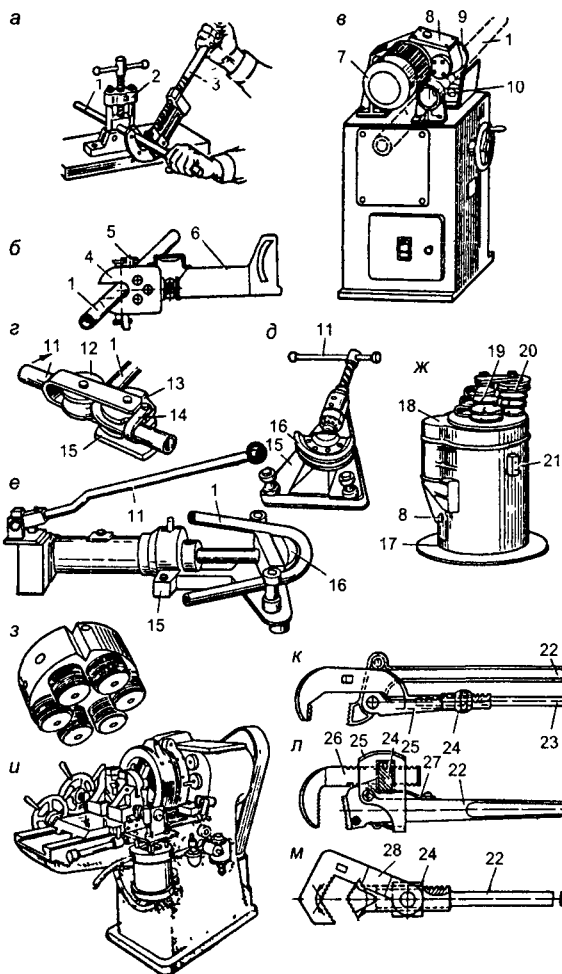


Рис. 26.1. Приспособления, станки и инструменты, применяемые при заготовке сантехсистем из стальных труб:

1 — труба; 2 — прижим; 3 — труборез; 4 — корпус; 5 — гайка для зажима трубы; 6 — электрическая сверлильная машина; 7 — электродвигатель; 8 — редуктор; 9 — режущий диск; 10 — опора; 11 — рукоятка; 12, 13 — ролики; 14 — хомут; 15 — плита; 16 — сектор; 17 — станина; 18 — рабочий механизм; 19 — неподвижные ролик; 20 — то же, подвижные; 21 — пускатель; 22 — неподвижный рычаг; 23 — подвижный рычаг; 24 — гайка; 25 — обойма; 26 — подвижная губка; 27 — пружина; 28 — накидная губка

труб на резьбе выполняется чаще вручную простыми и безопасными в работе инструментами, в том числе рычажными раздвижными и накидными трубными ключами (рис. 26.1, *к–м*). Чтобы предотвратить утечку воды через зазор в резьбе между муфтой и трубой, применяют уплотнительный материал. В резьбовых соединениях труб холодного и горячего водоснабжения используют льняную пряжу, пропитанную суриком или белилами, а также уплотнительную ленту ФУМ. Соединительные части наворачивают на трубы до конца сбега резьбы. Соединения труб на фланцах выполняют на болтах с установкой между фланцами прокладки из технической резины толщиной 3–4 мм. Соединение труб на сварке отличается наименьшей трудоемкостью, и оно наиболее эффективно в условиях заготовительного производства с применением полуавтомата А-547У, А-825 и др.

Изготовление монтажных узлов из чугунных труб. Обычно такие узлы представляют собой канализационный стояк в пределах этажа или горизонтальный участок трубопровода, объединяющий отводные линии от нескольких санитарных приборов. Чугунные трубы соединяют с помощью раструбов и заполнением зазоров твердеющими (цемент, асбестоцементная смесь, расширяющийся цемент, сера и др.) или эластичными (резиновые кольца, манжеты, шнуры, герметики) заполнителями. Боковые ответвления или изменение диаметров труб обеспечивают с помощью чугунных соединительных (фасонных) частей – отводов, колен, крестовин, тройников, переходных патрубков и др.

Раструбные соединения чугунных труб выполняют в такой последовательности: размечают и отрезают трубы, подготавливают концы труб и собирают соединение.

Разметка, перерубка или отрезка чугунных труб. Трубы размечают рисками, по которым их отрезают. Отрезку чаще производят перерубкой, причем при небольшом количестве трубы перерубают вручную зубилом (рис. 26.2, *а*) или ручным труборезом (рис. 26.2, *б*). На трубозаготовительных предприятиях чугунные трубы перерубают механизмом СТД-171 (рис. 26.2, *в*), обеспечивающим 7–12 перерубов в мин. Трубы можно также отрезать с помощью электрической дисковой пилы, оборудованной соответствующим режущим диском.

Сборка чугунных труб с заделкой раструбов производится с использованием специальных приспособлений А.Н. Васильева (рис. 26.2, *г*), К.Г. Козлова (рис. 26.2, *д*), а также стенда-карусели (рис. 26.2, *е*). Приспособление А. Н. Васильева, снабженное скобой для прижима трубы, позволяет удерживать трубу в вертикальном положении, удобном для заделки раструба. Приспособление К.Г. Козлова более усовершенствованно, так как позволяет укреплять трубу в различных положениях

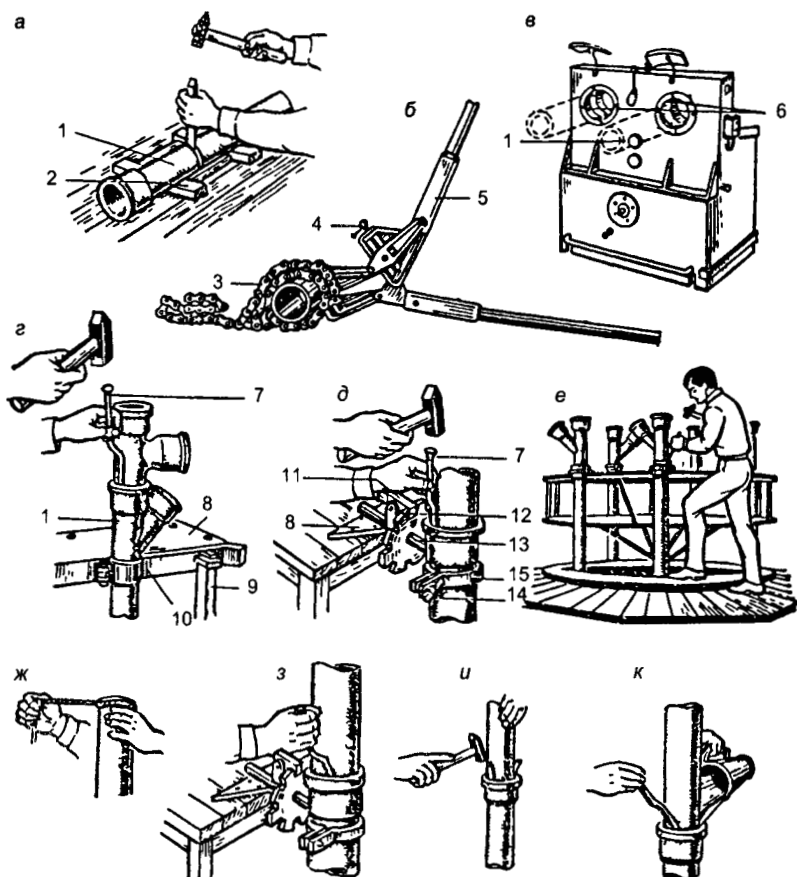


Рис. 26.2. Приспособление для перерубки чугунных труб и заделки их растресков:

1 — труба; 2 — подкладки; 3 — режущая цепь; 4 — натяжное устройство; 5 — рукоятки; 6 — головки с ножами; 7 — чеканка; 8 — плита; 9 — чека; 10 — скоба; 11 — защелка; 12 — звездочка; 13 — ось; 14 — винт; 15 — хомут

хомутом и зажимным винтом. Стенды-карусели, применяемые на заготовительных предприятиях для сборки чугунных канализационных стояков диаметром 50 и 100 мм, имеют шесть рабочих мест с пневмоприжимами. Каждое место подается к рабочему поворотом стола. С помощью этих приспособлений можно укреплять трубы и фасонные части в разных положениях, что облегчает заделку растресков и

ускоряет процесс сборки. Для заделки раструбов применяют уширенные чеканки и конопатки.

Соединения труб ведут в такой последовательности. Сначала трубу устанавливают в приспособление раструбом вверх. Затем на конец другой трубы или фасонной части наматывают два витка пряди толщиной 5–6 мм (рис. 26.2, ж). Далее этот конец трубы вставляют в раструб трубы, укрепленной в приспособлении, и прядь осаживают вниз конопаткой (рис. 26.2, з). Вставленную в раструб трубу центрируют металлическими клиньями (рис. 26.2, и). Кольцевой зазор стыка заливают раствором на расширяющемся цементе или расплавленной серой за один раз, т.е. без перерывов, и штыкуют его (рис. 26.2, к), чтобы не было раковин и пустот. Через 40 мин после заливки раструба цементом трубу снимают с приспособления, а стыки обертывают влажными материалами или укладывают готовые узлы на 10–12 ч в ванну с температурой воды не менее 20°C. При 40°C цемент в стыке набирает необходимую прочность через 5–6 ч. После выдержки в ванне из стыков легкими ударами молотка извлекают клинья, а оставшиеся от них отверстия заделывают расширяющимся цементом. Заготовленные узлы отправляют на объекты через 20 ч после заделки стыков.

Заделка раструбов чугунных труб расплавленной серой производится аналогично заливке расширяющимся цементом.

Испытание и маркировка узлов. Детали и узлы перед отправкой на объект испытывают на месте изготовления; обнаруженные при этом дефекты устраняют. Заготовительные узлы маркируют белой краской и вместе с креплениями и сопутствующими деталям в контейнерах отправляют на объект.

Монтаж и крепление стояков и подводок. Стояки и подводки к приборам прокладывают открыто по стенам или в бороздах, шахтах (скрытая проводка) из стальных оцинкованных труб со сборкой их на резьбовых соединениях. Стояки холодного и горячего водоснабжения, а также канализации прокладывают скрыто (рис. 26.3, а) или открыто (рис. 26.3, б) с выдерживанием между стояками необходимых расстояний. Для удобства разборки трубопроводов стыки их не следует располагать в местах прохода через покрытия, стены и перегородки. При прокладке стояков в бороздах и их заделке в местах расположения сгонов и арматуры оставляют люки. Сгоны устанавливают у основания стояков, а выше – в местах присоединения подводок. Их также располагают на подводках к приборам и при устройстве ответвлений к трем и более водоразборным точкам. Резьбовые соединения при сборке стояков, подводок и водоразборной арматуры

расстояние между ними должно быть не менее 0,7 м. Схема сборки бака и присоединение к нему трубопроводов показана на рис. 26.3, в.

Врезку водопровода в действующие сети осуществляют часто без остановки действующего водопровода с помощью специального приспособления (рис. 26.3, з). При этом вначале к действующему трубопроводу приваривают переходный патрубок с фланцем и отверстием для присоединения нового трубопровода, а затем к нему на болтах крепят приспособление. Вращением маховика сверлом в действующем трубопроводе вначале сверлят небольшое отверстие, а затем фрезой приспособления вырезают отверстие в трубе необходимых размеров. Благодаря наличию клапана давление воды воспринимается патрубком. После этого приспособление снимают, на патрубках устанавливают заглушку, и вода начинает поступать в присоединенный новый водопровод. При подключении к чугунным и асбестоцементным трубопроводам устанавливают подвижные муфты или стальные вставки, к которым затем с помощью приспособления устраивают подключение.

26.2. МОНТАЖ ВНУТРЕННИХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ И ВОДОСТОЧНЫХ СЕТЕЙ

Сети внутренней канализации, включая выпуски, в зависимости от состава сточных вод монтируют из чугунных канализационных и асбестоцементных безнапорных, а также пластмассовых труб (из ПВП).

Монтаж стояков. Стояки прокладывают вдоль оштукатуренных стен или в бороздах строго по отвесу. Открыто прокладываемые стояки располагают в углах санитарных узлов, а скрыто прокладываемые — за унитазом по его оси. Отклонение от вертикали допускается не более 2 мм на 2 м длины стояка. Сборку ведут снизу вверх, начиная с подвала или с первого этажа (при отсутствии подвала), причем так, чтобы раструбы труб и фасонных частей были направлены против движения сточной жидкости. Раструбы чугунных труб в соединениях между собой, а также с фасонными частями уплотняют смоляной прядью с последующей зачеканкой асбестоцементной смесью, заделкой цементным раствором или заливкой расплавленной серой. Учитывая большую трудоемкость такой заделки стыков, необходимо при заказе узлов на ЗМЗ или ЦМЗ стремиться к максимальному их укрупнению, чтобы монтажных стыков, выполняемых на стройке, было как можно меньше. Стояки крепят к стенам крючками, располагаемыми,

как правило, под раструбами. При высоте этажа до 4 м достаточно одного крепления на этаж. Для прочистки на стояках устанавливают ревизии на высоте 1 м от пола, но не менее чем на 150 мм выше борта прибора, располагаемого над всеми приборами данного помещения. В месте ревизий на подвесных канализационных трубопроводах, прокладываемых под потолком, устанавливают прочистки.

Прокладка отводных трубопроводов. Отводные трубопроводы от приборов туалетов, раковин, моек, умывальников прокладывают над полами с уклоном к стояку с последующей их облицовкой и гидроизоляцией. При этом раструбы труб и фасонных частей должны быть направлены также против течения жидкости. Трубопроводы крепят к строительным конструкциям с помощью хомутов, подвесок и кронштейнов, размещаемых не более чем через 2 м один от другого.

26.3. УСТАНОВКА САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ. СПОСОБЫ ИХ КРЕПЛЕНИЯ

Для предотвращения проникновения газов из канализационной сети в помещения каждый санитарный прибор присоединяют к сети через гидравлический затвор (сифон). При установке раковин, моек и писсуаров применяют преимущественно сифоны-ревизии, при установке умывальников – бутылочные сифоны и при установке ванн – напольные сифоны. Ревизии у бутылочных сифонов не устанавливают, так как для их прочистки достаточно отвернуть стакан сифона. Допускаемые отклонения в размерах при установке всех отдельно стоящих приборов – 20 мм, для низкорасположенных смывных бачков – 10 мм, а при групповой установке однотипных приборов – 5 мм от отметки чистого пола.

Крепежные работы. Поскольку все элементы санитарно-технических систем (трубопроводы, фасонные части, приборы) крепятся к строительным конструкциям, очень важно применять наиболее эффективные и надежные способы их крепления, которые зависят от материала конструкции. Так, к деревянным конструкциям элементы санитарно-технических систем крепят обычными шурупами или крючками, а к бетонным или кирпичным – винтами и шурупами, ввертываемыми в дюбеля (рис. 26.4, а), дюбель-гвоздями (рис. 26.4, б) или дюбель-винтами (рис. 26.4, в), забиваемыми специальным инструментом. Крупные элементы (кронштейны, крючки) заделывают в отверстиях цементным раствором (рис. 26.4, г).

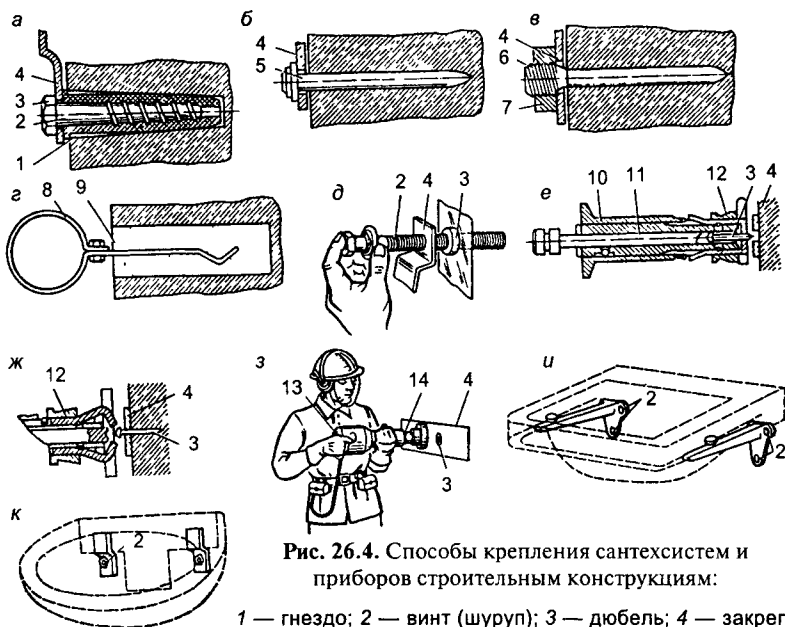


Рис. 26.4. Способы крепления сантехсистем и приборов строительным конструкциям:

1 — гнездо; 2 — винт (шуруп); 3 — дюбель; 4 — закрепляемая деталь; 5 — дюбель-гвоздь; 6 — дюбель-винт; 7 — гайка; 8 — хомут; 9 — цементный раствор; 10 — эластичная ручка; 11 — сменный боек; 12 — зажимное кольцо; 13 — рукоятка; 14 — наконечник

Крепление винтом (шурупом) в дюбель выполняют следующим образом. Вначале ручным или механизированным инструментом пробивают отверстие, в которое устанавливают дюбель (рис. 26.4, д), затем в него ввертывают винт или шуруп. Однако более производительным является способ крепления с помощью винта, когда деталь крепится за одну операцию. При этом дюбель забивают с помощью монтажных пистолетов (рис. 26.4, з). Для забивки в металлические конструкции используются дюбеля с насечкой.

Крепление трубопроводов санитарно-технических систем должно надежно фиксировать их в заданном положении и при этом обеспечивать возможность их перемещения в осевом направлении при удлинении при нагревании. В связи с этим крепления труб (скобы, кронштейны, крючки, подвески, хомуты, опоры) выполняют двух видов — неподвижные и подвижные.

Крепление санитарных приборов (умывальников, раковин) производят с помощью чугунных кронштейнов (рис. 26.4, и) или скоб

(рис. 26.4, *к*), закрепляемых в стенах шурупами с дюбелями. Санитарные приборы, устанавливаемые на полу (унитазы и др.), крепят шурупами или приклеивают к полу.

Монтаж санитарных приборов ведут в такой последовательности: размечают места крепления прибора, устанавливают крепежные детали и присоединяют гидрозатвор; закрепляют прибор в установленном положении и присоединяют его к трубопроводам. Разметку места крепления приборов производят по чертежу или с помощью шаблона. Крепежные детали устанавливаются аналогично крепление других элементов санитарно-технических систем.

Установка умывальников, раковин, моек и питьевых фонтанчиков. Керамические умывальники устанавливают на чугунных кронштейнах или на скобах (рис. 26.4, *и*, *к*). Монтаж умывальника начинают с разметки по шаблону отверстий для крепления. Затем сверлят отверстия и вставляют дюбеля или пристреливают монтажным пистолетом пластину (см. рис. 26.4, *з*). После этого устанавливают кронштейны (рис. 26.5, *а*), проверяя их горизонтальность по уровню, и закрепляют их. Скобы устанавливают аналогично кронштейнам. Далее умывальник устанавливают на кронштейны (рис. 26.5, *б*), причем так, чтобы штифты кронштейна попали в отверстия на нижней поверхности борта умывальника. Затем к умывальнику прикрепляют выпуск и гидрозатвор (рис. 26.5, *в*). В заключение поверяют монтажное положение умывальника.

Мойки устанавливают на подстоле после монтажа смесителя с подводками (рис. 26.5, *г*). Затем присоединяют подводки водопровода, устанавливают выпуск, гидрозатвор, который присоединяют к подводкам канализации. После установки мойки проверяют ее монтажное положение (рис. 26.5, *д*). Раковины с двухоборотным сифоном-ревизией устанавливают в такой последовательности. Вначале размечают и сверлят отверстия для крепления раковины (рис. 26.5, *е*), после чего в них вставляют дюбеля. Выпуск раковины обертывают смоляной пряжей, обмазывают суриковой замазкой и вставляют в гидрозатвор (рис. 26.5, *ж*), после чего ее крепят к стене шурупами. В заключение прикрепляют спинку раковины и монтируют водоразборный кран (рис. 26.5, *з*).

Чаши питьевых фонтанчиков крепят к стене дюбелями после разметки их положения и сверления отверстий. Затем к фонтанчику присоединяют подводки водопровода и гидрозатвор, расположенный внутри чаши.

Установка ванн, душевых поддонов и трапов осуществляется следующим образом. Перед установкой ванны производят ее «обвязку»

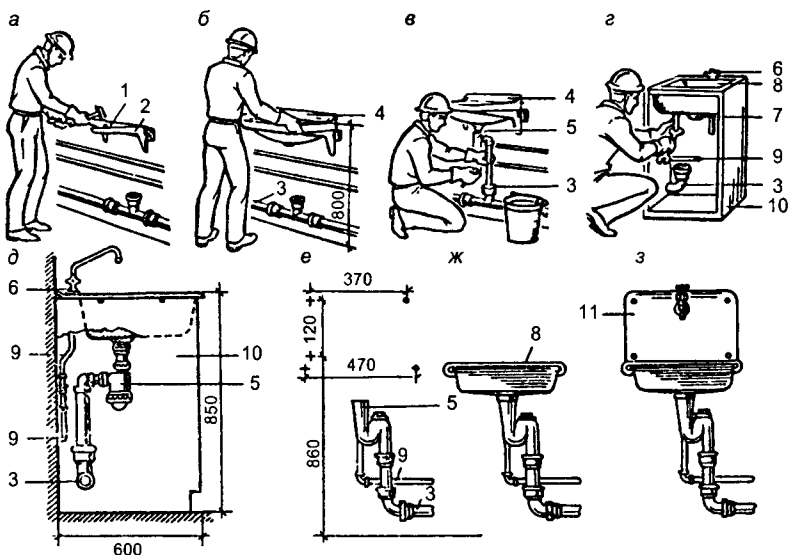


Рис. 26.5. Последовательность монтажа умывальника, мойки и раковины:

1 — монтажная планка; 2 — кронштейн; 3 — подводы канализации; 4 — умывальник; 5 — гидрозатвор; 6 — смеситель; 7 — выпуск; 8 — чаша; 9 — подводы водопровода; 10 — подстолье; 11 — спинка

(рис. 26.6, а), т.е. монтируют выпуск, перелив, переливную трубу, гидрозатвор и ножки ванны. Затем прямоугольную ванну ставят вплотную к стене (рис. 26.6, б), а круглобортную — на расстоянии 50 мм от стены. Борт ванны выравнивают по уровню горизонтально, подкладывая под ножки пластинки из влагостойкого материала. При установке ванны в нижний конец тройника ввертывают разбортованный патрубок, который вставляют в раструб гидрозатвора, после чего его заделывают пряжью, пропитанной суриковой замазкой. При этом следят, чтобы переливной парубок ванны вошел в переливную трубу.

Для предотвращения появления разности электрических потенциалов между корпусом ванны и стальной водопроводной трубой (например, из-за неисправности в электросети) и поражения блуждающим током корпус ванны и водопроводную трубу соединяют проводом диаметром 5 мм (уравнителем потенциалов, рис. 26.6, в). В малогабаритных квартирах в санитарно-технических кабинках ванну устанавливают рядом с умывальником с общим для них смесителем (рис. 26.6, з). Ванны на объекты поступают в контейнерах по

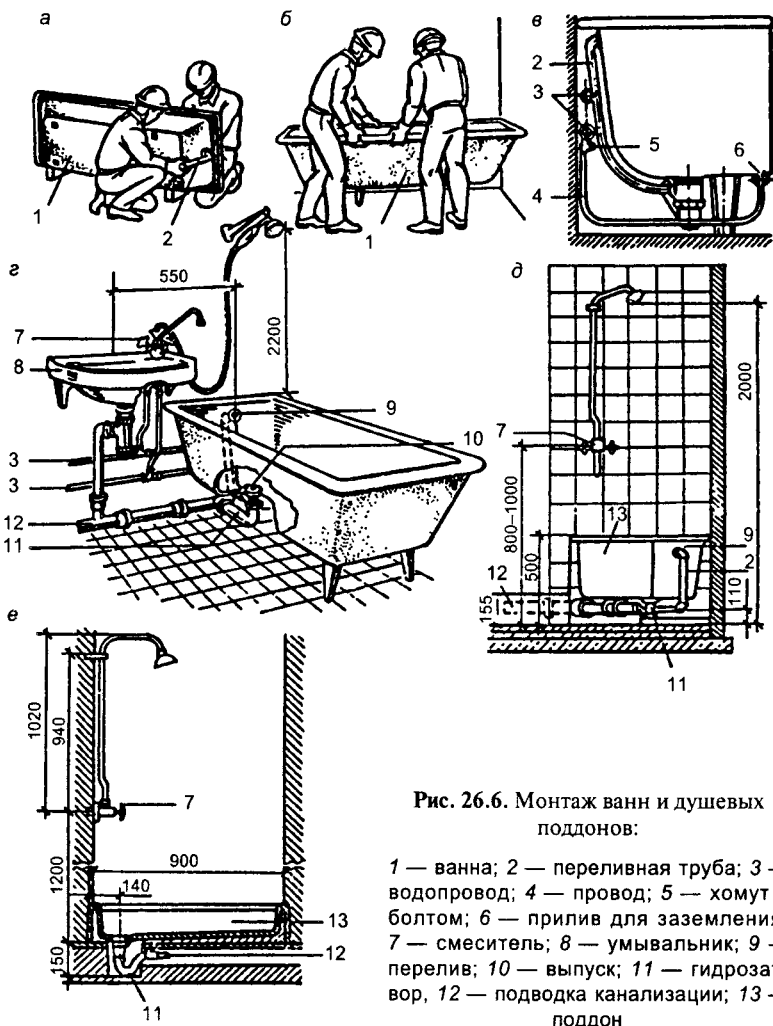


Рис. 26.6. Монтаж ванн и душевых поддонов:

1 — ванна; 2 — переливная труба; 3 — водопровод; 4 — провод; 5 — хомут с болтом; 6 — прилив для заземления; 7 — смеситель; 8 — умывальник; 9 — перелив; 10 — выпуск; 11 — гидрозатвор; 12 — подводка канализации; 13 — поддон

несколько штук, и, если позволяют имеющиеся грузоподъемные средства, их в таких контейнерах подают непосредственно на перекрытие, в зону установки. Иногда ванны подают через оконные проемы. Установка биде и ножных ванн и присоединение их к канализационной и водопроводной сети аналогичны установке умывальников.

Глубокие душевые поддоны устанавливают так же, как ванны (рис. 26.6, д), а обычные душевые поддоны монтируют на полу и через гидрозатвор присоединяют к канализационной сети (рис. 26.6, е). Душевые поддоны, так же как и ванны, оборудуют уравнивателями потенциалов.

Трапы, используемые в душевых, банях, прачечных, производственных и других помещениях, в которых полы моют из поливочных кранов, устанавливают на устроенные в перекрытии отверстия. Трап размещают так, чтобы верх его решетки был расположен на 5–10 мм ниже уровня пола. Затем трап присоединяют к трубопроводу канализации и после испытания в работе выполняют его заделку. Унитазы с косым выпуском устанавливают в такой последовательности. Вначале размечают на полу место установки унитаза, а затем это место очищают от грязи и мусора, высушивают и обезжиривают. Аналогично обрабатывают основание унитаза и смазывают эпоксидным клеем (рис. 26.7, а). После этого унитаз устанавливают на место и прижимают к полу (рис. 26.7, б), к нему присоединяют смывной бачок (рис. 26.7, в). После выверки унитаза раструб заделывают смоляной прядью и цементом. Затем присоединяют поплавковый клапан

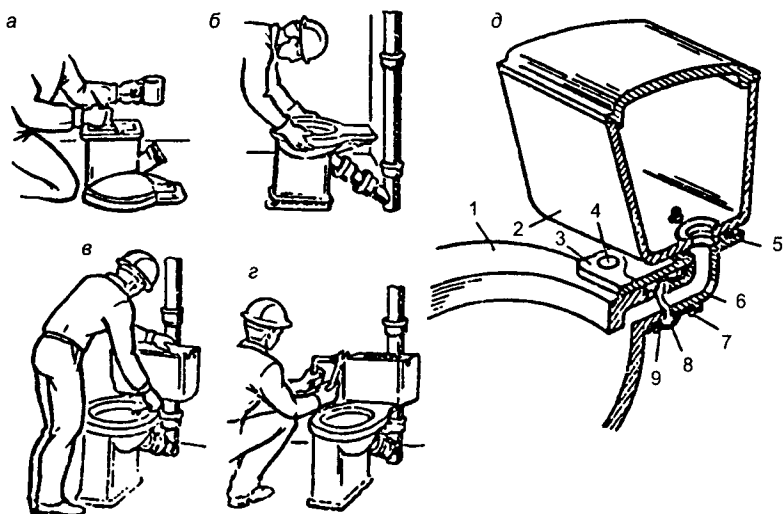


Рис. 26.7. Последовательность монтажа унитаза с косым выпуском:

1 — унитаз; 2 — бачок, 3 — полка; 4 — отверстие для крепления болтов; 5 — прокладка; 6, 9 — патрубки; 7 — проволока; 8 — манжета

бачка к водопроводной сети (рис. 26.7, з) и регулируют уровень воды в бачке.

При монтаже на унитазах смывных низкорасполагаемых бачков с приставной полкой (рис. 26.7, д) вначале на патрубок полки надевают резиновую манжету и закрепляют проволокой, затем, отвернув манжету, полку с бачком болтами крепят на унитазе, после чего манжету натягивают на патрубок унитаза, закрепляя ее проволокой. Если применяются высоко- и среднерасполагаемые бачки (рис. 26.8, а), их навешивают до установки унитаза на два шурупа, закрепленных в стене дюбелями. Перед установкой бачка к нему присоединяют смывную трубу, свободный конец которой обмазывают суриком и обертывают льняной прядью с повторной обмазкой ее суриком. За-

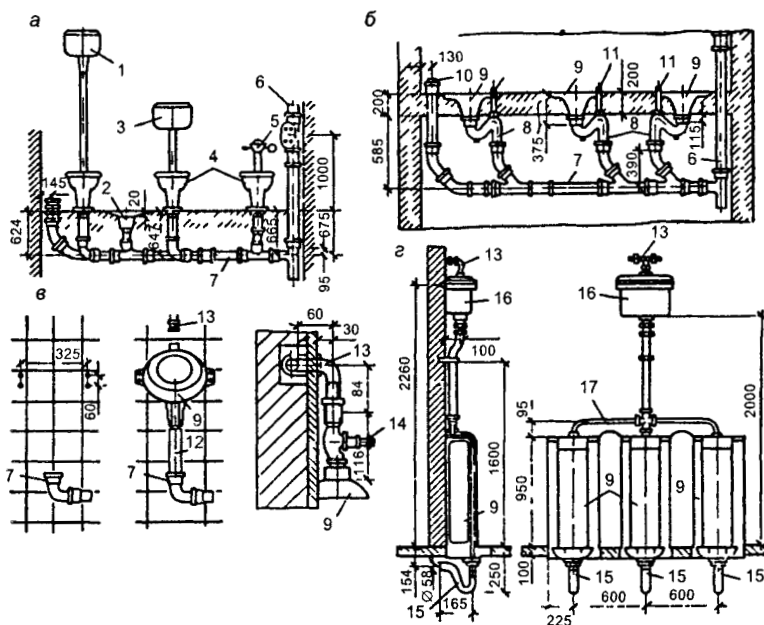


Рис. 26.8. Схема установки унитаза с прямым выпуском и других канализационных санитарных приборов:

1 — высокорасполагаемый бачок; 2 — трап; 3 — среднерасполагаемый бачок; 4 — унитаз; 5 — смывной кран; 6 — стояк; 7 — подводка канализации; 8 — двухоборотный гидрозатвор; 9 — чаща; 10 — прочистка; 11 — труба для прочистки гидрозатвора; 12 — патрубок; 13 — подводка водопровода; 14 — писсуарный кран; 15 — гидрозатвор; 16 — автоматический смывной бачок; 17 — трубы

тем на конец трубы надевают резиновую манжету и присоединяют к верхнему патрубку унитаза, выворачивая манжету и натягивая ее на патрубок, смазанный суриком. После этого унитаз соединяют с водопроводным и канализационным стояками.

Установка клозетных напольных чаш из керамики производится так же, как и унитазов. Чугунные напольные чаши (рис. 26.8, б) присоединяют к канализационной сети через специальный гидрозатвор с отверстием и трубой в верхнем колене, через которую осуществляется прочистка. Выпуск чаши обертывают смоляным канатом, смазанным суриком, и вставляют в раструб гидрозатвора. Затем чашу выравнивают к горизонтальной плоскости, присоединяют к ней смывное устройство (бачок), после чего бетонируют пол вокруг нее и облицовывают его керамической плиткой.

Установку настенных писсуаров с цельнолитым сифоном производят в последовательности, показанной на рис. 26.8, в, г. Вначале размечают отверстия на стене, а к прибору присоединяют патрубок отводящей трубы и четырьмя шурупами крепят к стене. После заделки раструба смоляной прядью и цементом к прибору присоединяется писсуарный кран водопроводной подводки. Писсуары без сифона присоединяют к стене через чугунные сифоны – ревизии. При этом выпуск писсуара присоединяется к сифону так же, как выпуск унитаза. Монтажное положение установленных писсуаров см. на рис. 26.8, в. Напольные писсуары (уриалы), применяемые в общественных туалетах, чаще всего устанавливают группами (рис. 26.8, г). Их монтируют после прокладки канализационного трубопровода в полу и установки гидравлических затворов. Секции устанавливают ниже уровня пола путем насаживания выпускных отверстий на выпуски гидравлических затворов. Неплотности между гидравлическим затвором и выпуском заделывают смоляной прядью и асбестоцементом. Затем насадку для ополаскивания уриалов присоединяют к смывным трубам автоматических бачков или к писсуарным кранам. Кроме настенных и напольных писсуаров иногда устанавливают трап, а на стене на высоте 1,5 м от пола вдоль всего лотка прокладывают перфорированную трубу (с отверстиями диаметром 1 мм через 100 мм) для непрерывной промывки лотка и обмыва стен.

26.4. МОНТАЖ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАБИН

В современных зданиях при монтаже санитарно-технических сетей и систем часто применяют санитарно-технические кабины. Они

представляют собой пространственную конструкцию (блок) санитарного узла (рис. 26.9, а), изготовленную на заводе и оборудованную всеми необходимыми приборами (унитазом, ванной, умывальником), трубопроводами систем горячего и холодного водоснабжения, канализации, с установкой всей необходимой арматуры.

Изготовленные кабины строят четырехветвевым стропом за монтажные петли сверху или траверсой снизу кабины (рис. 26.9, б) и краном грузят на низкорамный удлиненный полуприцеп (рис. 26.9, в) для перевозки на объект строительства. Сантехкабины монтируют в технологической увязке с монтажом строительных конструкций чаще всего с транспортных средств. При монтаже кабин требуется тщательная их привязка на первом этаже, так как кабины последующих этажей устанавливают соосно с канализационными стояками нижерасположенных кабин.

Для обеспечения соосности стояка верх раструба междуэтажной вставки нижерасположенной кабины должен находиться на уровне верха плиты перекрытия. Затем устанавливают вышерасположенную кабину, вводя нижний выступающий конец канализационного стояка в растроб вставки с последующей его заделкой. Стояки холодного и горячего водоснабжения из оцинкованных труб соединяют междуэтажными вставками на резьбах с компенсирующей удлиненной муфтой, позволяющей монтировать стояки без переделок при отклонениях по высоте до ± 35 мм. Кабины устанавливают на выровненное по уровню основание из прокаленного песка, под которое прокладывают гидроизоляционный слой из рулонных материалов

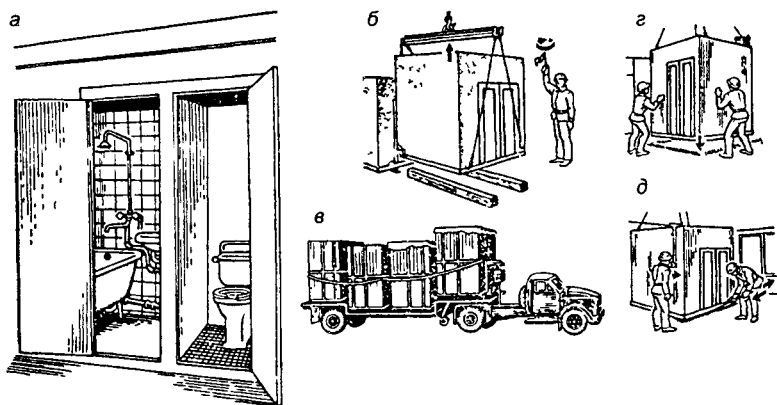


Рис. 26.9. Монтаж санитарно-технических кабин

(рис. 26.9, з). После установки кабины в случае необходимости выправляют ее положение с помощью монтажных ломов (рис. 26.9, д), после чего проверяют соответствие положения выпусков труб коммуникаций устанавливаемой кабины и ранее установленной.

26.5. ИСПЫТАНИЕ И ПРИЕМКА ВНУТРЕННИХ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Испытание внутренней водопроводной сети. После окончания сборки магистральных трубопроводов, стояков и подводок, но до установки водоразборной арматуры систему внутреннего водопровода подвергают гидравлическому испытанию давлением равным рабочему плюс 0,5 МПа, но не более 1 МПа. Перед испытанием у наиболее высоких точек системы удаляют воздух, а концы трубопроводов на время испытания закрывают инвентарными заглушками. Испытание считается удовлетворительным, если в течение 10 мин давление упадет не более чем на 0,05 МПа. Результаты испытания оформляют актом.

Сеть горячего водоснабжения испытывают гидравлическим способом, так же как и холодного. Водоподогреватель считается выдержавшим испытание, если в течение 5 мин испытаний пробным давлением не будет падения давления и видимых деформаций, капельных выделений и потения в сварных швах. Систему горячего водоснабжения проверяют также в действии при расчетной температуре воды в самых отдаленных точках. Максимальная температура в точках водоразбора должна быть не выше 75 и не ниже 60°C.

Испытание внутренних канализационных сетей производится после окончания монтажа всей внутренней системы трубопроводов и установки санитарных приборов. Систему заполняют водой из возможно большего числа санитарных приборов, предварительно перекрыв внизу этажа стояк или ответвление инвентарными заглушками (заглушки временно ставят в ревизиях). Давление при испытании сети не должно превышать 0,08 МПа. Стыки канализационных труб при испытании не должны давать течь. Герметичность канализационного трубопровода, проложенного в междуэтажных перекрытиях, в бороздах или нишах стен и под полами, проверяют поэтажно, заполняя их водой, когда трубы еще не закрыты в конструкциях. Трубопроводы, подлежащие замоноличиванию в бетоне, а также проложенные в санитарно-технических кабинках, испытывают на давление

0,3 МПа, в течение 10 мин и при этом не должно быть падения давления.

Испытание внутренних водостоков производится наполнением их водой через водосточные воронки с предварительной установкой заглушек внутри стояка через ревизии. Если в течение 10 мин уровень воды в воронках не понижается, водосточная сеть считается выдержавшей испытание.

Приемка внутренних санитарно-технических систем осуществляется после завершения их монтажа и опробования в действии. Подготовка их к сдаче начинается с испытания на прочность и плотность. Испытания производятся в присутствии представителей заказчика и генерального подрядчика и в некоторых случаях, оговоренных СНиПом, представителей соответствующих органов государственного надзора (санитарно-эпидемиологической, водной, пожарной инспекции и др.). Испытания относятся к разряду скрытых работ, поэтому на них оформляют соответствующие акты. После полного завершения монтажа устройств санитарно-технического оборудования и сетей их опробуют в действии и при необходимости выполняют их наладку и регулировку.

Сдача-приемка санитарно-технических систем и устройств оформляется актом рабочей комиссии, назначаемой в установленном порядке. К акту приемки прилагаются акты на скрытые работы, перечень обнаруженных дефектов и недоделок с указанием сроков их устранения, акты проверки систем в действии.

26.6. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

К производству работ по монтажу санитарно-технических устройств допускаются слесари-сантехники, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные безопасным способам производства работ и имеющие соответствующее удостоверение о проверке знаний. Для работы с электрическим и пневматическим инструментами они должны пройти специальное обучение, знать правила обращения с ним. К работе с монтажным пистолетом допускаются слесари-сантехники не моложе 20 лет, квалификации не ниже 4-го разряда и проработавшие на монтаже не менее 3 лет.

Выполнять санитарно-технические работы одновременно в двух и более ярусах по вертикали при отсутствии междуэтажных перекрытий или предохранительных устройств запрещается. При работе около электропроводов и электрооборудования, находящихся под током,

надо принимать меры предосторожности во избежание поражения им. Перед началом работы необходимо проверить исправность инструмента и механизмов. Гаечные и трубные ключи необходимо подбирать в зависимости от размеров гаек и диаметра собираемых труб. На губках трубных ключей должна быть хорошая насечка, препятствующая их скольжению. При работе с электроинструментом следует проверить его исправность, обратив внимание на надежность заземления, а также на то, чтобы не было оголенных проводов и их изломов. Работать с электрифицированным и механизированным инструментами с приставных лестниц и раздвижных стремянок запрещается. Гнуть трубы, а также перерезать их, нарезать резьбу и другие работы по заготовке трубных санитарно-технических узлов следует на специально отведенных местах. При гнутье длинных труб необходимо применять поддерживающие подставки. Трубы, длинномерные детали и заготовки нельзя прислонять к стене, они должны быть уложены в горизонтальном положении.

Перед спуском в колодец для подключения смонтированных систем водопровода и особенно канализации необходимо проверить наличие в нем взрывоопасных и отравляющих газов газоанализатором, в случае обнаружения их необходимо удалить проветриванием, для чего открывают два соседних колодца или применяют вентилятор. Работать в таком колодце разрешается при наличии сквозняка или действующего вентилятора. Перед спуском в колодец необходимо к кольцу предохранительного пояса слесаря-сантехника прочно прикрепить веревку, конец которой должен держать рабочий, находящийся на поверхности: в случае опасности он должен немедленно вытащить из колодца пострадавшего рабочего и оказать ему первую необходимую помощь.

ГЛАВА 27. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ

27.1. ПОДГОТОВКА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Для ведения 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. При разработке ППР уточняют решения строительного генерального плана (стройгенплана), календарные сроки строительства, определяют методы выполнения строительных и монтажных работ. В состав ППР обычно входят: комплексный сетевой график или календарный план производства работ (в зависимости от степени сложности объекта); строительный генеральный план; график поступления на объект строительных конструкций, деталей, полуфабрикатов, материалов и оборудования; график потребности в рабочих кадрах по объекту, технологические карты (ТК) и др.

Одним из основных документов ППР являются **технологические карты**. Они помогают правильно выбрать и применить современные способы производства работ. По ним устанавливают технологическую последовательность строительных процессов, составляют недельно-суточные графики и наряды. Подробнее о составлении ТК см. в п. 27.5.

При строительстве любого объекта водопроводно-канализационного назначения и особенно крупного комплекса таких сооружений, когда выполняется большое количество общестроительных и специальных работ подразделениями генподрядных и субподрядных организаций, без предварительно продуманного, четкого и взаимно увязанного плана действий трудно рассчитывать на достижение нужного результата, т.е. на завершение строительства объекта в заданный срок с нужным качеством и в пределах сметной стоимости работ.

В этом отношении само 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 строительного-монтажных работ (СМР).

Согласно рекомендациям СНиПа мероприятия и работы по подготовке строительного производства должны быть выполнены до начала строительства объекта в объеме, обеспечивающем строительство 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.

Общая организационно-техническая подготовка включает в себя: обеспечение строительства проектно-сметной документацией; отвод площадки под строительство объекта в натуре; оформление финансирования строительного производства; заключение договоров подряда и субподряда; оформление разрешений и допусков на производство работ; решение вопросов о переселении лиц и организаций, размещенных в подлежащих сносу зданиях; обеспечение строительства подъездными путями, электро-, водо- и теплоснабжением, системой связи и помещениями бытового обслуживания строителей; организацию поставки на строительство оборудования, конструкций, материалов и готовых изделий. Большую часть из этих мероприятий выполняет заказчик.

Подготовка к строительству объекта включает: изучение строителями проектно-сметной документации и детальное ознакомление их с условиями строительства, разработку проектов производства работ (ППР) на подготовительные работы, а также выполнение этих работ. Подготовительные работы подразделяются на внеплощадные и внутриплощадные. В составе внеплощадных подготовительных работ строят подъездные пути, линии электропередачи с трансформаторными подстанциями, сети водоснабжения с водозаборными сооружениями, канализационные коллекторы с очистными сооружениями, жилые поселки строителей, необходимые сооружения производственной базы строительной организации, а также устройство связи для управления строительством.

В процессе внутриплощадочных подготовительных работ необходимо произвести сдачу-приемку геодезической разбивочной основы для строительства и геодезические работы для прокладки сетей, дорог и возведения зданий и сооружений; освободить строительную площадку для производства работ (снести старые строения, расчистить территорию и др.); произвести планировку территории; искусственное понижение уровня грунтовых вод (УГВ); перекладку существующих и прокладку новых инженерных сетей; устроить постоянные и временные дороги, а также оградить

стройплощадку и обеспечить охраной; разместить на площадке мобильные инвентарные здания и сооружения; организовать складские помещения и площадки, линии связи, а также обеспечить стройплощадку противопожарным водоснабжением и инвентарем, освещением и средствами сигнализации.

Подготовка строительной организации к строительству объекта. На этом этапе подготовки разрабатывают документацию по организации работ на годовую или двухлетнюю программу с увязкой по срокам строительства и обеспечению трудовыми и материально-техническими ресурсами.

Подготовка к производству СМР. К началу их выполнения должны быть: разработаны проекты производства работ (ППР); переданы и приняты закрепленные на местности знаки геодезической разбивки строящихся зданий и сооружений; разработаны и осуществлены меры по организации труда рабочих; организовано инструментальное хозяйство для обеспечения бригад необходимыми средствами малой механизации, инструментом, средствами измерения и контроля, подмащивания, ограждениями и монтажной оснасткой в полном соответствии с нормокомплексом; оборудованы и оснащены площадки или стенды укрупнительной сборки конструкций (или труб); создан необходимый запас строительных конструкций, материалов и готовых изделий; предоставлены или перебазированы на рабочие места строительные машины, краны и передвижные (мобильные) механизированные установки, например бетонорастворные и асфальтобетонные узлы, трубосварочные или трубоизоляционные базы и т. п.

До начала производства работ заказчик должен оформить и передать подрядной строительной организации разрешение на производство СМР.

Факт окончания всех подготовительных работ должен быть подтвержден актом, составленным заказчиком и генподрядчиком при участии субподрядной организации, выполнявшей работы подготовительного периода.

27.2. 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 обо-

рудования 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. 27.1, а) каждый объект (захватка) возводится после окончания предыдущего. Главным недостатком метода является то, что значительно удлиняется общая продолжительность постройки объектов, т.е.

$$T = mT_{ц},$$

где m — число объектов, захваток; $T_{ц}$ — длительность производственного цикла возведения одного объекта.

Однако интенсивность потребления ресурсов в единицу времени при этом является относительно небольшой и равномерной.

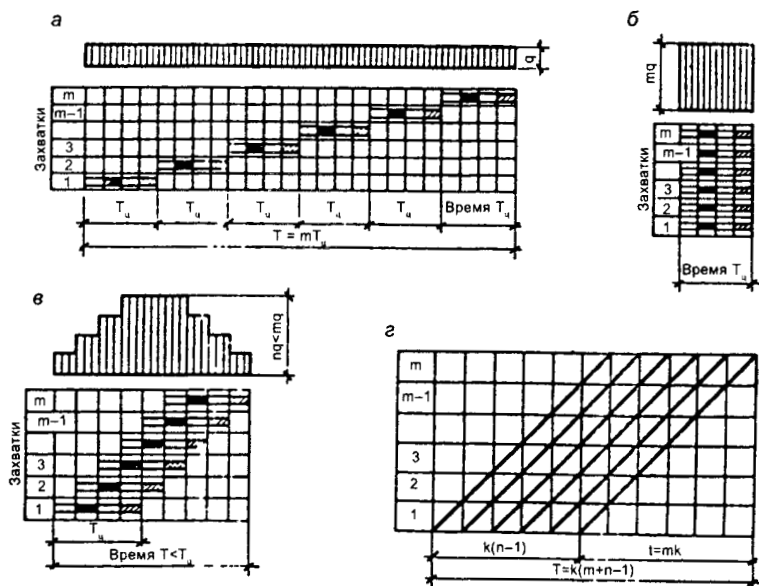


Рис. 27.1. Схема и графики поточного производства работ в строительстве:

а — график последовательного метода производства работ; б — то же, параллельного; в — то же, поточного; г — циклограммы строительного потока

При *параллельном* методе (рис. 27.1, б) все объекты или захваты 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. 27.1, 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. 27.1, г), по оси абсцисс которой откладывают время, а по оси ординат – единицы строительной продукции (здания, сооружения, участки или захваты). Преимущество циклограммы (рис. 27.1, г) по сравнению с линейным календарным графиком (рис. 27.1, 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.

27.3. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О КАЛЕНДАРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ. СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКОВ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Календарным планом строительства называется проектно-технологический документ, устанавливающий целесообразную последовательность, 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.

Основным назначением календарного планирования является составление графика процесса строительства, в котором указываются отдельные виды работ и их исполнители. Этот график должен быть сбалансирован по объемам производства с мощностями и ресурсами строительной организации и удовлетворять ряду ограничений, с учетом которых должно вестись строительство. К таким ограничениям обычно относятся: последовательность и взаимосвязь между видами работ; интенсивность и сроки их выполнения; директивные или нормативные сроки продолжительности строительства; количество ресурсов и распределение их по времени; технические условия на производство работ; требования охраны труда и др.

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 однопоточных 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.

В связи с этим у нас и за рубежом в последние годы стали все чаще использовать сетевую модель календарного плана в виде сетевого графика. Она позволяет в более наглядной форме отобразить порядок возведения сложного объекта.

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.

Таким образом, матрицу можно рассматривать в качестве своеобразного нового метода имитационного модулирования календарных планов.

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; определяют их объемы; выбирают методы их производства, необходимые строительные машины и механизмы; рассчитывают нормативную трудоемкость и машиноемкость; 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 СНиПу) или директивной и при необходимости график корректируют; на основе поставленного 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. 27.1.

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

* 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.

бине 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 потребное 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.)

$$T_{\text{мех}} = N_{\text{м-см}} / (\eta_{\text{м}} A \alpha),$$

где $N_{\text{м-см}}$ – потребное количество машино-смен; $\eta_{\text{м}}$ – количество машин (гр. 6); A – количество смен работы в сутки (гр. 8); α – 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 ($\alpha = 1,05\text{--}1,25$).

$$T_{\text{р}} = Q_{\text{р}} / (\eta_{\text{р}} A \alpha).$$

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.

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.

Календарные сроки выполнения отдельных работ на графике нельзя намечать произвольно, а следует устанавливать из условий соблюдения строгой технологической последовательности и с учетом необходимости предоставления в минимально возможный срок фронта для выполнения последующих работ.

Календарный план в линейной форме проектируется в виде линейного графика. При этом в левой части приводится таблица исходных данных (см. табл. 27.1), 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, 2×1 или 4×2 и т.д. Общую продолжительность строительства сооружения по графику необходимо, как отмечалось, сравнить с нормативной по СНиПу, и если она превышает нормы, то календарный план следует корректировать с целью сокращения сроков 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.

$$K_p = N_{\text{макс}} / N_{\text{ср}},$$

где $N_{\text{макс}}$ – максимальное число рабочих, чел.; $N_{\text{ср}}$ – среднее число рабочих.

Календарный план по этому показателю признается удовлетворительным, если K_p не превышает 1,5.

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. 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 с учетом характера и особенностей работ по двум основным схемам увязки и совмещения работ — последовательной и параллельной.

27.4. 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. 27. 2).

Таблица 27.2

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

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 выполнению основные строительные-монтажные работы, обязательно в технологической последовательности их выполнения. Единицы измерения объемов работ (гр. 3) принимаются по ЕНиР. В гр. 4 указываются подсчитанные объемы работ в принятых единицах измерения. В гр. 5 берутся из соответствующих сборников действующих ЕНиР нормы времени ($H_{вр}$) 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). Если учесть, что норма времени по ЕНиР дается в чел-ч, а затраты труда необходимо выразить в чел-дн., то полученное значение от такого умножения следует 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.

27.5. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ И КАРТ ТРУДОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Технологические карты (ТК), входящие в состав проектов производства работ (ППР), обычно разрабатываются на сложные виды работ и работы, выполняемые новыми методами. Основное назначение ТК – оказать помощь строителям и проектировщикам при разработке технологической документации.

В строительстве различают три вида технологических карт: типовые технологические карты, не привязанные к строящемуся 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).

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 завершенности 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 машин (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 машин. При этом следует учитывать возможность повышения производительности труда;

6) *материально-технические ресурсы* — данные о потребности в материалах, полуфабрикатах и конструкциях, не предусмотренном объеме 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) *техничко-экономические показатели* — затраты труда рабочих (чел-ч); затраты времени работы машин (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.

Применение технологических карт, в том числе и типовых (ТТК), способствуют улучшению организации производства, повышению производительности труда и его научной организации, снижению себестоимости, улучшению качества и сокращению продолжительности

строительства, безопасному выполнению работ, организации ритмичной работы, рациональному использованию трудовых ресурсов и машин, а также сокращению сроков разработки ППР и унификации технологических решений. 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.

Лучшие ТК для многократного использования отбирают по признаку наиболее приемлемой и рациональной технологии с учетом утвержденных проектных решений, имеющихся в наличии строительных машин, приспособлений, а также требований ППР по взаимосвязке технологии выполнения разных процессов.

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, улучшению качества и снижению себестоимости работ. КТП предназначены 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, органи-

зационно объединенных в определенной технологической последовательности, результатом которой является получение части строительной продукции.

Карта трудового процесса обычно состоит из пяти разделов: 1) назначение и эффективность применения карты; 2) исполнители 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, в которых дается краткая характеристика технологического процесса с указанием последовательности выполнения операций, приводится график трудового процесса, схема организации рабочего места и основные приемы труда. 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. 27.2. Пример схемы организации рабочего места, а также приемов труда из КТП по ручной сварке секций стальных труб в плетъ приведена на рис. 27.3. График этого трудового процесса дан в табл. 27. 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. 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. 27.3, 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. 27.3, 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. График этого процесса см. в табл. 28.3.

Карты трудовых процессов разрабатывают ведущие проектно-технологические институты и в частности ВНИПИ труда в строительстве и др.

а На установку панели площадью от 12 до 14 м²

№ п/п	Наименование операции	Время, мин																							Продолжительность, мин	Затраты труда, чел.-мин		
		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 подача панели к месту установки																										18	18
2	Устройство растворной постели																										4,5	4,5
3	Прием и установка панели																										4,5	9
4	Выверка панели и электросварка верхнего стыка																										7,5	15
5	Расстроповка панели																										9	18
6	Работа по приобъектной площадке																										1,5	3
Итого на 1 панель																											67,5	

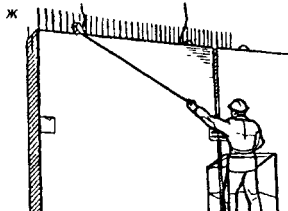
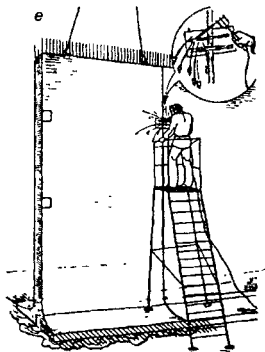
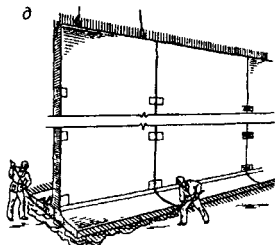
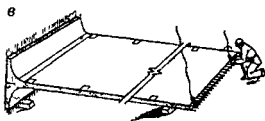
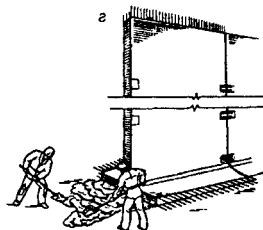
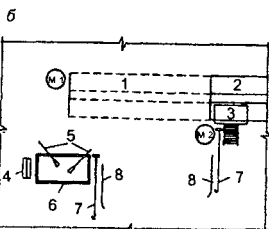


Рис. 27.2. Основные фрагменты карты трудовых процессов (КТП) на монтаж стеновых панелей емкостных водопроводно-канализационных сооружений:

а — график трудового процесса монтажа стеновых панелей (площадью от 12 до 14 м²); б — схема организации рабочего места; в, г, д, е, ж — основные приемы труда — при строповке панели (в), устройстве растворной постели (г), выверке и сварке верхнего стыка (е), приеме и установке панели (д) и расстроповке 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

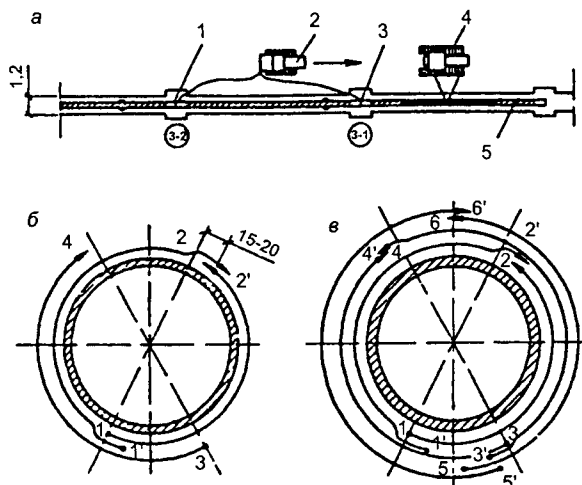


Рис. 27.3. Пример КТП на сварку секций стальных труб в плеть:

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

Таблица 27.3

**График трудового процесса электродуговой ручной сварки секций в плеть
(1 стыка труб диаметром 630 мм)**

Наименование операции	Продолжительность, мин	Затраты труда, чел-мин	Время, мин				
			10	20	30	40	50
Электроприхватка секций (последующий стык)	12	12,0	Э-1				
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				
Нанесение клейма	4	8,0	Э-1				
Переход к следующему стыку	2	4,0	Э-2				
Итого на 1 стык	94,0						
ПЭР и отдых (21 %)	25,0						
Всего	119,0						

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьев В.А.* Поточная организация строительства. Л., 1990. – 303 с.
- Афанасьев А.А., Данилов Н.Н.* и др. Технология строительных процессов / Под ред. Н.Н. Данилова и О.М. Терентьева. М., 1997. – 464 с.
- Белецкий Б.Ф.* Технология строительных и монтажных работ. М., 1986. – 384 с.
- Белецкий Б.Ф.* Технология строительного производства. М., 2001. – 415 с.
- Белецкий Б.Ф.* Технология и организация строительства водопроводных и канализационных сетей и сооружений. М., 1992. – 445 с.
- Белецкий Б.Ф.* Технология прокладки трубопроводов и коллекторов различного назначения. М., 1992. – 328 с.
- Белецкий Б.Ф., Зотов Н.И., Ярославский Л.В.* Конструкции водопроводно-канализационных сооружений. Справ. пособие / Под общ. ред. Б.Ф. Белецкого. М., 1989. – 448 с.
- Белецкий Б.Ф., Гордеев-Гавриков В.К., Персидский Б.П.* Справочник по прокладке трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения / Под общ. ред. Б.Ф. Белецкого. Ростов н/Д, 2001. – 416 с.

Белецкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование. Справ. пособие. Ростов н/Д, 2002. — 591 с.

Белецкий Б.Ф. Санитарно-техническое оборудование зданий. Учеб. пособие. Ростов н/Д, 2002.

Владыченко Г.П., Белецкий Б.Ф. Технология строительства водопроводных и канализационных сооружений. Киев, 1982. — 335 с.

Волков Д.П., Алешин Н.И. и др. Строительные машины / Под ред. Д.П. Волкова. М., 1988. — 317 с.

Гурковский Г.М. Технология строительства водопроводно-канализационных сооружений. Проектирование. Киев, 1980. — 199 с.

Добронравов С.С., Сергеев В.П. Строительные машины. М., 1981. — 320 с.

Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование. Справочник. М., 1991. — 456 с.

Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации. М., 2001. — 575 с.

Дудолодов Ю.А., Саттаров Т.Х. Краны-трубоукладчики. М., 1986. — 264 с.

Евдокимов В.А. Механизация и автоматизация строительного производства М., 1985. — 295 с.

Кудрявцев Б.М. Комплексная механизация, автоматизация и механизоворуженность строительства. М., 1989. — 246 с.

Кириллов Г.В., Марков П.И., Ранев А.В. и др. Машины для земляных работ. Справ. пос. / Под общ. ред. М.Д. Полосина и В.М. Полякова. М., 1994. — 288 с.

Липович А.Л. Машинист трубоукладчика – мужская профессия. М., 1984. — 56 с.

Литвинов О.О., Беляков Ю.И. и др. Технология строительного производства / Под общ. ред. О.О. Литвинова и Ю.И. Белякова. Киев, 1985. — 479 с.

Могилевский Я.Г., Совалов И.Г., Кожелевич А.Л. Машины и оборудование для бетонных и железобетонных работ. Справ. пособие. М., 1993. — 244 с.

Салов Ю.З., Замятин Г.В. Инженерные сооружения и основы строительного производства. Л., 1989. — 367 с.

Штоль Т.М., Теличенко В.И., Феклин В.И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений. М., 1990. — 288 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ	3
---	----------

Раздел первый

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ	6
--	----------

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ	6
---	----------

1.1. Классификация и индексация строительных машин	6
1.2. Основные узлы и элементы строительных машин	8
1.3. Основные технико-эксплуатационные показатели строительных машин	12

ГЛАВА 2. ТРАНСПОРТНЫЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ ...	14
---	-----------

2.1. Грузовые автомобили, тракторы и пневмоколесные тягачи	14
2.2. Специализированные транспортные средства	19
2.3. Погрузочно-разгрузочные машины	25

ГЛАВА 3. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ	36
---	-----------

3.1. Машины для подготовительных работ	36
3.2. Землеройно-транспортные машины	37
3.2.1. Бульдозеры	37
3.2.2. Бульдозеры-рыхлители	43
3.2.3. Скреперы	48
3.2.4. Грейдеры и автогрейдеры	57
3.3. Экскаваторы	62
3.3.1. Одноковшовые строительные экскаваторы	63
3.3.2. Многоковшовые траншейные экскаваторы	91

ГЛАВА 4. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ	109
---	------------

4.1. Свайные молоты	109
4.2. Вибропогружатели, вибромолоты и шпунтовывдергиватели	120
4.3. Самоходные сваебойные установки и виброудавливающие агрегаты ...	125

ГЛАВА 5. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ	138
---	------------

5.1. Строительные краны	138
5.1.1. Стреловые переносные краны	138
5.1.2. Башенные краны	141
5.1.3. Башенные приставные краны	149
5.1.4. Стреловые мобильные краны	151
5.1.4.1. Пневмоколесные краны	155
5.1.4.2. Гусеничные краны	163
5.1.4.3. Автомобильные краны	170
5.1.4.4. Краны на шасси автомобильного типа и короткобазовые	184
5.1.4.5. Краны-трубоукладчики	188

ГЛАВА 6. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БЕТОННЫХ РАБОТ	200
--	------------

6.1. Машины для приготовления бетонных и растворных смесей	200
6.1.1. Бетономесители	201
6.1.2. Растворомесители	211

6.2. Машины для транспортирования бетонных и растворных смесей	215
6.2.1. Бетоновозы	215
6.2.2. Авторастворовозы	217
6.2.3. Автобетоносмесители	218
6.2.4. Бетононасосы	221
6.2.5. Растворонасосы	225
6.2.6. Передвижные бетононасосы	228
6.2.7. Самоходные бетоноукладчики	230
6.3. Вибраторы для уплотнения бетонной смеси	234
ГЛАВА 7. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ	242
7.1. Установки для торкретирования	242
7.2. Агрегаты для нанесения малярных составов	243
ГЛАВА 8. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ИЗОЛЯЦИИ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	249
8.1. Очистные машины	249
8.2. Изоляционные машины	252
ГЛАВА 9. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН	256
9.1. Основные положения системы технического обслуживания и ремонта машин	256
9.2. Организация технического обслуживания и ремонта машин	257
<i>Раздел второй</i>	
ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	259
ГЛАВА 10. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	259
10.1. Структура строительного производства	259
10.2. Особенности строительства сооружений водоснабжения и водоотведения	260
10.3. Строительные процессы и работы	262
10.4. Строительные рабочие, их профессии и квалификация. Организация труда строительных рабочих	265
10.5. Производительность труда рабочих и пути ее повышения	268
10.6. Техническое и тарифное нормирование	270
10.7. Формы оплаты труда строительных рабочих	272
10.8. Строительные нормы и правила — СНиП	273
10.9. Требования к качеству строительно-монтажных работ	274
10.10. Основные положения по охране труда и противопожарной защите в строительстве	276
ГЛАВА 11. ПРОЦЕССЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ	278
11.1. Виды и назначение земляных сооружений. Основные свойства грунтов ...	278
11.2. Обеспечение устойчивости земляных сооружений. Способы крепления их откосов	280
11.3. Определение размеров котлованов и траншей	284
11.4. Подсчет объемов земляных работ	289
11.5. Подготовительные и вспомогательные работы	299

11.6.	Разбивка сооружений, котлованов и траншей на местности	300
11.7.	Организация водоотвода, водоотлива и искусственного понижения уровня грунтовых вод	302
11.8.	Способы искусственного закрепления и замораживания грунтов	314
11.9.	Основные способы разработки грунта землеройными и землеройно-транспортными машинами	319
11.10.	Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами. Расчет проходок экскаваторов с различным рабочим оборудованием	320
11.11.	Выбор одноковшового экскаватора для устройства выемок	324
11.12.	Расчет транспортных средств для отвозки грунта	326
11.13.	Отрывка траншей одноковшовыми и многоковшовыми экскаваторами	327
11.14.	Производство земляных и планировочных работ скреперами и бульдозерами	332
11.15.	Гидромеханические способы разработки и намыва грунта	336
11.16.	Разработка грунта взрывным способом	339
11.17.	Ручная и механизированная разработка малых объемов грунта	344
11.18.	Засыпка траншей и котлованов. Обсыпка резервуаров, отстойников и других водохозяйственных сооружений	346
11.19.	Способы отсыпки и уплотнения грунта в планировочных насыпях	355
11.20.	Особенности производства земляных работ в зимнее время	360
11.21.	Основные требования охраны труда при земляных работах	369
ГЛАВА 12. ПРОЦЕССЫ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ, ФУНДАМЕНТОВ И БУРОВЫХ РАБОТ		372
12.1.	Работы по устройству оснований и фундаментов	372
12.2.	Назначение и состав свайных работ. Классификация свай	386
12.3.	Способы погружения свай	390
12.4.	Устройство буронабивных свай	395
12.5.	Бурение скважин и шпуров	397
12.6.	Особенности устройства водозаборных скважин	402
ГЛАВА 13. ПРОЦЕССЫ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ		405
13.1.	Состав бетонных и железобетонных работ	405
13.2.	Опалубочные и арматурные работы	405
13.3.	Виды бетонных смесей и способы их приготовления	413
13.4.	Способы транспортирования, укладки и уплотнения бетонной смеси. Выдерживание и уход за бетоном	417
13.5.	Специальные методы бетонирования	427
13.6.	Подводное бетонирование	429
13.7.	Особенности производства бетонных работ на морозе и в условиях жаркого климата	431
13.8.	Требования к качеству бетонных работ	437
13.9.	Основные требования охраны труда при производстве бетонных и железобетонных работ	439
ГЛАВА 14. ПРОЦЕССЫ КАМЕННЫХ РАБОТ		440
14.1.	Виды каменной кладки	440
14.2.	Основные правила резки и перевязки каменной кладки. Применяемые растворы	441

14.3.	Кладка из кирпича и мелкоштучных камней	443
14.4.	Кладка колодцев и камер на сетях	449
14.5.	Бутовая и бутобетонная кладка	450
14.6.	Особенности производства каменных работ в зимнее время	452
14.7.	Требования к качеству каменных работ и охране труда при их выполнении	453
ГЛАВА 15.	ПРОЦЕССЫ МОНТАЖА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	456
15.1.	Основные методы монтажа строительных конструкций	456
15.2.	Монтаж сборных элементов из транспортных средств и с предварительным складированием	458
15.3.	Выбор монтажных кранов для монтажа строительных конструкций ...	459
15.4.	Грузозахватные приспособления	468
15.5.	Состав и структура процесса монтажа	470
ГЛАВА 16.	ПРОЦЕССЫ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ	471
16.1.	Штукатурные работы	471
16.2.	Малярные работы	474
16.3.	Облицовочные работы	475
16.4.	Особенности производства отделочных работ в зимнее время	477
16.5.	Требования к качеству отделочных работ и охране труда при их производстве	478
ГЛАВА 17.	ПРОЦЕССЫ ЗАЩИТНЫХ (ИЗОЛЯЦИОННЫХ) И КРОВЕЛЬНЫХ РАБОТ	478
17.1.	Назначение и виды защитных (изоляционных) и кровельных работ ...	478
17.2.	Защита арматуры и бетона от коррозии	479
17.3.	Устройство различных видов гидроизоляции	481
17.4.	Гидроизоляция сооружений водопровода и канализации	484
17.5.	Тепловая изоляция трубопроводов и сооружений	487
17.6.	Кровельные работы	488
17.7.	Особенности производства изоляционных и кровельных работ в зимнее время	492
17.8.	Охрана труда при производстве изоляционных и кровельных работ	492

Раздел третий

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СЕТЕЙ И СООРУЖЕНИЙ 494

ГЛАВА 18. СТРОИТЕЛЬСТВО НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ 494

18.1.	Виды прокладки трубопроводов	494
18.2.	Подготовка траншей. Устройство естественных и искусственных оснований под трубопроводы	495
18.3.	Выбор кранов для прокладки трубопроводов	499
18.4.	Подбор грузозахватных приспособлений	504
18.5.	Способы прокладки трубопроводов по заданному направлению и уклону	507
18.6.	Совмещенная прокладка трубопроводов	511
18.7.	Прокладка трубопроводов в зимних условиях	513

18.8. Требования к качеству прокладки трубопроводов и основные правила охраны труда	514
ГЛАВА 19. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ	518
19.1. Виды неметаллических труб и преимущества их применения	518
19.2. Монтаж керамических трубопроводов	520
19.3. Монтаж асбестоцементных трубопроводов	522
19.4. Монтаж бетонных и железобетонных трубопроводов	529
19.5. Монтаж трубопроводов из полимерных (пластмассовых) труб	540
ГЛАВА 20. ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ ...	545
20.1. Монтаж чугунных трубопроводов	545
20.2. Укрупнительная сборка, сварка и изоляция стальных труб на трубозаготовительных базах	553
20.3. Сборка, сварка и изоляция труб и трубных секций	556
20.4. Способы укладки изолированных труб и секций в траншею	561
20.5. Комплексно-механизированная прокладка стальных трубопроводов	564
ГЛАВА 21. БЕСТРАНШЕЙНАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБ ПОД ДОРОГАМИ И ДРУГИМИ ПРЕГРАДАМИ	575
21.1. Общие сведения о бестраншейных способах прокладки труб. Назначение, область их применения и выбор	575
21.2. Прокладка труб способом прокола	577
21.3. Прокладка труб способом продавливания	585
21.4. Прокладка труб способом горизонтального бурения	589
21.5. Прокладка рабочего трубопровода в футляре	594
21.6. Щитовая проходка тоннелей и коллекторов	596
21.7. Основные требования охраны труда при бестраншейной прокладке трубопроводов	602
ГЛАВА 22. МОНТАЖ НАДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ПРОКЛАДКА ДЮКЕРОВ	603
22.1. Назначение и область применения надземных переходов трубопроводов и дюкеров	603
22.2. Особенности технологии устройства висячих, подвесных, балочных и арочных (самонесущих) переходов трубопроводов	604
22.3. Технология строительства дюкеров через «сухие» овраги, балки и водные преграды	609
22.4. Способы разработки подводных траншей	611
22.5. Подготовка и прокладка стальных дюкеров через водные преграды	613
22.6. Основные требования охраны труда при монтаже надземных трубопроводов и прокладке дюкеров	618
ГЛАВА 23. ИСПЫТАНИЕ И ПРИЕМКА НАПОРНЫХ И САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	619
23.1. Виды и порядок испытаний	619
23.2. Гидравлическое испытание напорных трубопроводов	619
23.3. Пневматическое испытание напорных трубопроводов	621
23.4. Приемка, промывка и хлорирование трубопроводов	622
23.5. Испытание и приемка безнапорных (самотечных) трубопроводов	623

ГЛАВА 24. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	624
24.1. Внедрение промышленных методов в строительство сооружений ...	624
24.2. Унификация и типизация конструкций сборных сооружений. Номенклатура сборных элементов и конструктивные схемы сооружений	625
24.3. Монтаж прямоугольных емкостных сооружений	631
24.4. Монтаж круглых (цилиндрических) сооружений	649
24.5. Особенности возведения сооружений из монолитного бетона	657
24.6. Бетонирование стволов водонапорных башен и оболочек градирен ..	667
24.7. Сварка и замоноличивание стыков между сборными элементами сооружений, их гидравлическое испытание	673
24.8. Устройство заглубленных водозаборных сооружений и насосных станций опускным способом	680
24.9. Технология устройства заглубленных сооружений способом «стена в грунте»	685
24.10. Монтаж коллекторов прямоугольного и круглого сечений	687
24.11. Охрана труда при монтаже сооружений и коллекторов	692
ГЛАВА 25. МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ	693
25.1. Подготовка зданий, фундаментов и оснований под монтаж оборудования	693
25.2. Подготовка насосного оборудования к монтажу. Необходимые монтажные приспособления и инвентарь	695
25.3. Монтаж горизонтальных насосных агрегатов	696
25.4. Монтаж вертикальных насосных агрегатов	699
25.5. Присоединение к насосам трубопроводов и арматуры	702
25.6. Опробование, наладка и сдача оборудования в эксплуатацию	703
25.7. Охрана труда при монтаже технологического оборудования	704
ГЛАВА 26. МОНТАЖ ВНУТРЕННИХ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ...	705
26.1. Организация заготовительного производства	705
26.2. Монтаж внутренних канализационных и водосточных сетей	713
26.3. Установка санитарно-технических приборов и оборудования. Способы их крепления	714
26.4. Монтаж санитарно-технических кабин	721
26.5. Испытание и приемка внутренних санитарно-технических систем	723
26.6. Основные правила охраны труда при производстве санитарно-технических работ	724
ГЛАВА 27. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ	725
27.1. Подготовка строительного производства	725
27.2. Основы поточной организации выполнения работ	728
27.3. Краткие сведения о календарном планировании. Составление графиков производства работ	731
27.4. Составление калькуляции трудовых затрат	737
27.5. Составление технологических карт и карт трудовых процессов	738
ЛИТЕРАТУРА	744

Борис Федорович БЕЛЕЦКИЙ
**ТЕХНОЛОГИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебник

Издание четвертое, стереотипное

Зав. редакцией инженерно-технической литературы *К. Е. Житков*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.07.953.П.007216.04.10
от 21.04.2010 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
192029, Санкт-Петербург, Общественный пер., 5.
Тел./факс: (812)412-29-35, 412-05-97, 412-92-72.
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

ГДЕ КУПИТЬ

ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ:

Для того чтобы заказать необходимые Вам книги, достаточно обратиться в любую из торговых компаний Издательского Дома «ЛАНЬ»:

по России и зарубежью
«ЛАНЬ-ТРЕЙД». 192029, Санкт-Петербург, ул. Крупской, 13
тел.: (812) 412-85-78, 412-14-45, 412-85-82; тел./факс: (812) 412-54-93
e-mail: trade@lanbook.ru; ICQ: 446-869-967
www.lanpbl.spb.ru/price.htm

в Москве и в Московской области
«ЛАНЬ-ПРЕСС». 109263, Москва, 7-я ул. Текстильщиков, д. 6/19
тел.: (499) 178-65-85; e-mail: lanpress@lanbook.ru

в Краснодаре и в Краснодарском крае
«ЛАНЬ-ЮГ». 350072, Краснодар, ул. Жлобы, д. 1/1
тел.: (861) 274-10-35; e-mail: lankrd98@mail.ru

ДЛЯ РОЗНИЧНЫХ ПОКУПАТЕЛЕЙ:

интернет-магазины:
Издательство «Лань»: <http://www.lanbook.com>
«Сова»: <http://www.symplex.ru>; «Ozon.ru»: <http://www.ozon.ru>
«Библион»: <http://www.biblion.ru>

Подписано в печать 22.06.10.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Формат 84×108^{1/32}.
Печать офсетная. Усл. п. л. 39,48. Тираж 1000 экз.

Заказ № .

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных диапозитивов
в ОАО «Издательско-полиграфическое предприятие «Правда Севера».
163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, д. 32.
Тел./факс (8182) 64-14-54; www.iprps.ru