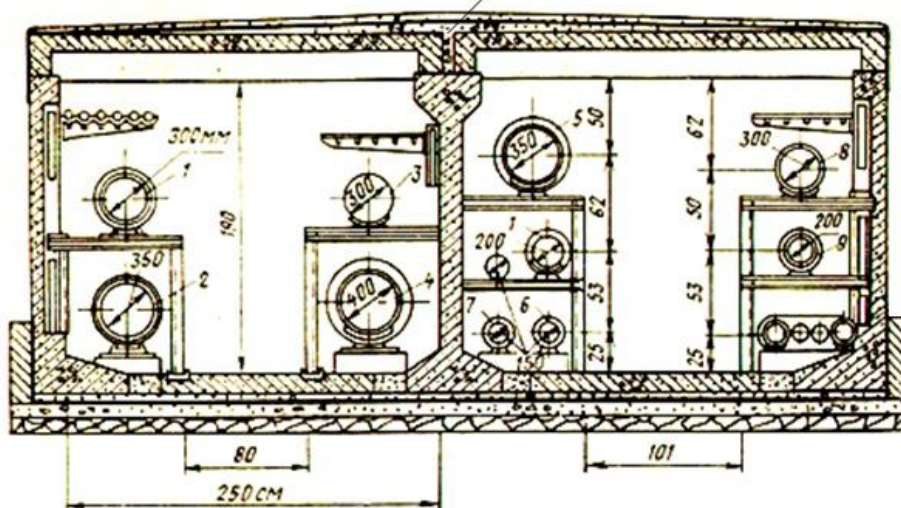


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

В.Г. Степанец

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ В ГОРОДСКОМ ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебное пособие



Омск 2019

УДК 625. 74
ББК 39. 311
С79

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. В. И. Сологаев (СибАДИ);
зам. генерального директора по качеству Г. Б. Старков
(ООО «Стройсервис»)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве учебного пособия.

Степанец, Виктор Георгиевич.

С79 Инженерные сети в городском дорожном строительстве [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Степанец. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2019. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd977.pdf>, свободный после авто-ризации. – Загл. с экрана.

Детально рассмотрены вопросы проектирования и строительства инженерных подземных сетей в городском дорожном строительстве. Представлены правила размещения инженерных сетей, их классификация и требования к ним. Приведены технологическая последовательность строительства инженерных сетей, контроль качества и техника безопасности при строительстве.

Имеет интерактивное оглавление в идее закладок.

Предназначено для студентов всех форм обучения бакалавриата дорожной отрасли направления «Строительство», специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» дорожной специализации, при выполнении практических занятий, самостоятельной работы и выпускной квалификационной работы. Может использоваться при изучении инженерных сетей в городском дорожном строительстве и работниками дорожно-строительных организаций.

Подготовлено на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог».

Текстовое (символьное) издание (8,3 КБ)

Системные требования: Intel, 3, 4 GHz; 150 Мб; Windows XP/Vista 7; DOD-ROM; 1Гб свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов: Adobe Fcrobat Reader; Foxit Reader

Редактор И.Г. Кузнецова
Техническая подготовка Н.В. Кенжалинова

Издание первое. Дата подписания к использованию 19.02.2019
Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая 1

ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2019

Введение

Структура и содержание учебного пособия отражают действующую программу по дисциплине «Инженерные сети и оборудование», по которой до настоящего времени нет единого учебника. Отдельные вопросы рассматриваются в учебниках [1, 2, 3]. Однако эти и другие учебники, выпущенные в 1972, 1974, 1987 гг., в связи с введением СНиПов и ГОСТов более поздних изданий требуют переработки в соответствии с этими документами.

В учебном пособии рассматриваются классификация инженерных сетей, их назначение, виды и основные элементы. Приводятся общие правила размещения подземных инженерных сетей; способы и методы очистки питьевой воды и сточных вод; водоотвод и водопонижение; химические способы закрепления грунтов; технология строительства, монтажа инженерных сетей; открытые и закрытые способы строительства инженерных сетей; щитовая прокладка при строительстве тоннелей и коллекторов; строительство дюкеров в разное время года; техника безопасности и контроль качества при строительстве.

В учебном пособии использованы основные положения, рассмотренные в ранее изданных учебниках, в которых затронуты вопросы, связанные с инженерными сетями, а также основные положения и требования СНиПов и ГОСТов последних лет.

Замечания и предложения, касающиеся содержания учебного пособия, будут приняты автором с благодарностью.

1. ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЕ СЕТЕЙ

1.1. Общие понятия об инженерных сетях

Трубопроводы и кабели, прокладываемые в земле, носят общее название – подземные инженерные сети или подземные коммуникации. Дисциплина «Инженерные сети и оборудование» может быть определена как наука о рациональном устройстве, размещении и строительстве инженерных сетей, служащих для обеспечения населенных мест и промышленных предприятий водой, различными видами энергии (теплом, газом, электричеством), а также для удаления ливневых, бытовых и промышленных стоков [3].

Система инженерных сетей, большинство из которых относится к подземным коммуникациям, является составной частью инфраструктуры современного города и определяет уровень его развития и благоустройства.

Протяженность инженерных сетей в крупных городах в несколько раз превышает суммарную протяженность улиц и дорог. Важным фактором улучшения жилищных и культурно-бытовых условий жизни населения города является достаточно развитая сеть инженерно-технических подземных коммуникаций.

Таким образом, сеть инженерно-технических подземных коммуникаций предназначена для обеспечения жителей города и промышленных предприятий водой, электроэнергией, теплом, газом, связью, а также для отвода поверхностных и отработанных промышленных и фекальных вод. Прогрессивные принципы построения новой планировочной структуры города и его жилых территорий исходят из комплексного решения жилой застройки, системы культурно-бытового обслуживания, инженерного оборудования, транспорта, озеленения и благоустройства территории.

Подземное хозяйство современных городов, а также промышленных предприятий имеет сложную систему. Вся совокупность подземных инженерных сетей можно разделить на три группы: трубопроводы, кабельные сети и коллекторы.

Трубопроводы подразделяют на магистральные (транзитные), обслуживающие город или его отдельные районы; разводящие, обслуживающие микрорайоны и кварталы; внутриквартальные, обслуживающие отдельные дома. По функциональному назначению трубопроводы разделяют на общегородские (водопровод, канализация, теплопроводы, газопроводы, дренажи) и специальные промышленные (нефтепроводы, паропроводы, золопроводы и др.) [3].

Кабельные сети – электрические сети высокого (до нескольких десятков киловольт) и низкого напряжения, а также сети слабого тока – телефонные, телеграфные, радиовещания, телевидения [3].

Коллекторы подразделяют на три группы:

- коллекторы-трубопроводы – трубы большого диаметра (больше 1,5 м) и тоннели, служащие для пропускания различных жидкостей, в основном канализационные и водосточные коллекторы;
- специальные коллекторы (каналы), в которых размещают один вид подземных инженерных сетей, чаще всего теплотрасса или кабельные прокладки;
- общие или совмещенные коммуникационные коллекторы для совместной прокладки инженерных сетей различного назначения.

Таблица 1.1

**Соотношение стоимости отдельных видов работ
в общегородских затратах, %**

Города	Инженерные сети	Дороги	Транспорт
Крупные	56	27	17
Большие	58	26	16
Средние	66	24	10
Малые	72	22	6

В настоящее время наблюдается дефицит в высококвалифицированных инженерных кадрах, хорошо разбирающихся в вопросах проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сетей. Стоимость же строительства инженерных сетей составляет значительную долю в общегородских затратах (табл. 1.1).

1.2. Принципы размещения подземных инженерных сетей

Подземные инженерные сети размещают под улицей таким образом, чтобы их эксплуатация, ремонт и замена в аварийных ситуациях могли осуществляться в кратчайшие сроки и с меньшими затратами. Улицей называют часть территории города (в пределах красных линий), предназначенную для движения транспорта и пешеходов, оборудованную средствами регулирования движения, освещением, имеющую зеленую зону и др. Городской дорогой называют часть территории города, по которой осуществляется движение транспорта.

Улично-дорожная сеть городов крайне неоднородная. В зависимости от размеров города, его планировки, объемов и интенсивности движения она может состоять из магистральных дорог скоростного или регулируемого движения, магистральных улиц общегородского или районного значения, улиц и дорог в научно-производственных, промышленных и коммунально-складских зонах, пешеходных улиц и дорог, парковых дорог, проездов и велосипедных дорожек. Сеть городских дорог постоянно развивается как в количественном, так и в качественном отношении.

Подземные инженерные сети располагают под улицами, руководствуясь следующими принципами [1]:

1. Размещать подземные сети следует на специальных зеленых технических полосах или газонах, которые могут служить и разделительными полосами. Недопустимо их размещать под проезжей частью улиц, а под тротуарами – нежелательно (рис. 1.1, 1.2).

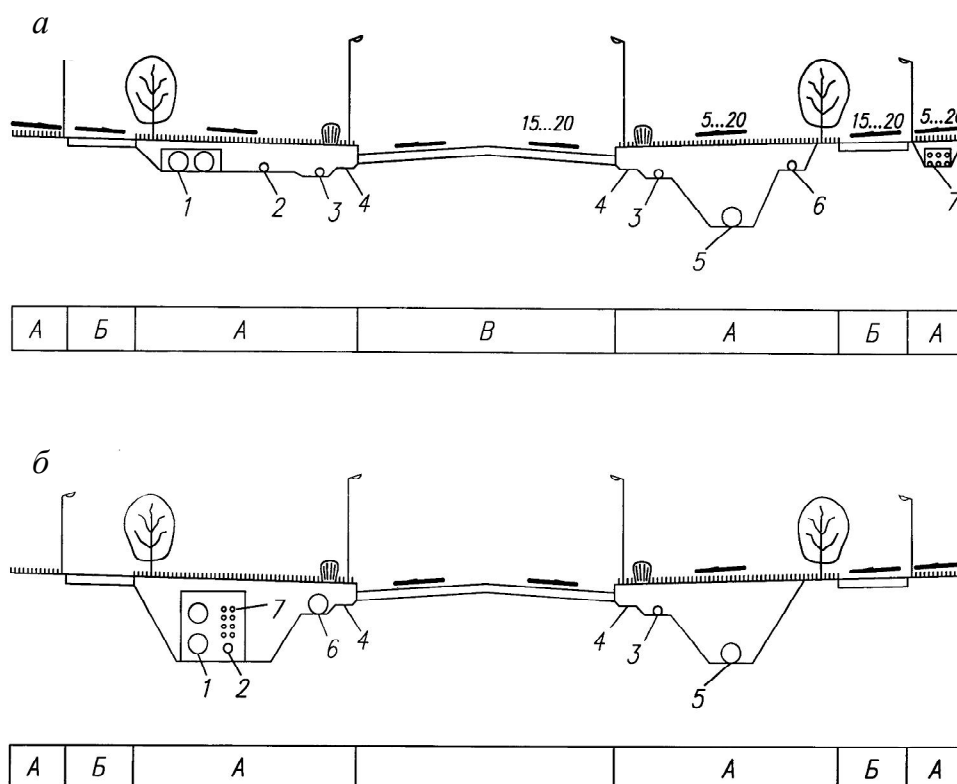


Рис. 1.1. Размещение инженерных подземных сетей на улице:
a – в совмещенных траншеях и специальных коллекторах (каналах);
б – в совмещенных траншеях и общем коллекторе; 1 – теплосеть;
 2 – водопровод; 3 – дождевая канализация (водосток); 4 – кабель
 освещения; 5 – бытовая и производственная канализация;
 6 – газопровод; 7 – телефонные кабели; А – разделительная полоса;
 Б – тротуар; В – проезжая часть

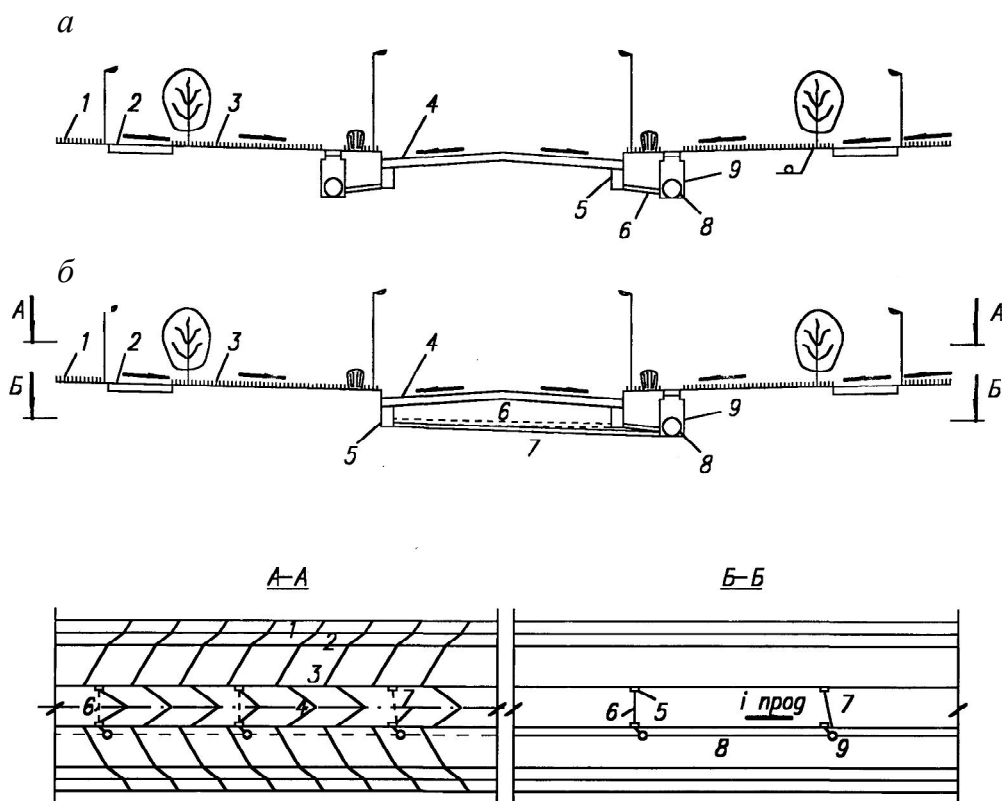


Рис. 1.2. Схема расположения ливневой канализации на улице:
а – при двустороннем (дублированном) размещении; *б* – при
 одностороннем водостоке; 1, 3 – разделительные зеленые
 полосы; 2 – тротуар; 4 – проезжая часть; 5 – водоприемный
 колодец; 6 – водосточные ветки (последовательное присо-
 единение водосточных веток); 7 – то же параллельное;
 8 – продольный водосток; 9 – смотровой колодец

2. Для предотвращения просадок зданий и наземных сооружений СП 42.13330.2011 [4] регламентируются минимальные расстояния от них до подземных коммуникаций. В зависимости от вида и глубины заложения сетей это расстояние составляет от 2 до 15 м.

3. Все подземные инженерные сети прокладывают прямолинейно и параллельно оси улицы или линии застройки.

4. Все пересечения и ответвления прокладывают, как правило, под прямым углом к линии застройки.

5. Расстояние по горизонтали (в свету) от ближайших подземных инженерных сетей до зданий и сооружений следует принимать по прил. 1 – от 0,4 до 10,8 м [4].

6. В зависимости от функционального назначения сетей регламентируется минимальная глубина их заложения (СП 31,13330.2012 [5], СП 32.13330.2012[6]), которая определяется: а) глубиной промерзания грунта (для водопровода, водостока, канализации, газопровода влажного газа); б) сохранностью сетей от воздействия внешних нагрузок.

Глубину заложения подземных сетей назначают с учетом их технологических особенностей, гидрогеологических условий и рельефа местности, а также способов производства работ (табл. 1.2) [2].

Максимальную глубину заложения имеют, как правило, подземные сети канализации (до 6–8 м), наименьшую глубину – теплопроводы и кабели, укладываемые в каналы. Допускается также использование перекрытия канала в качестве тротуара. При отдельной прокладке глубина заложения подземных сетей должна быть меньше технической оправданной.

7. Приближение подземных инженерных сетей к зеленым насаждениям определяют с учетом предотвращения возможности повреждения зеленых насаждений – от 1,5 до 2 м.

8. При ширине улиц более 60 м и соответствующем технико-экономическом обосновании следует предусматривать дублирование подземных сетей, т.е. их прокладку по обеим сторонам улицы [4].

9. На новых и реконструируемых магистральных улицах подземные инженерные сети следует прокладывать в общих коллекторах, которые значительно улучшают условия эксплуатации сетей и увеличивают их долговечность.

Таблица 1.2

Наименьшая глубина заложения инженерных сетей

Наименование инженерных подземных сетей	Наименьшая глубина заложения сетей от верха конструкции, м
Водопроводы	Лоток трубопровода ниже глубины промерзания грунта на 0,5 м. Верх трубы должен быть заглублен более чем на 0,5 м от поверхности земли
Канализация	Не менее 0,7 м от верха трубы. Глубина заложения лотка трубопровода должна приниматься для труб диаметром до 500 мм на 0,3 м; для труб диаметром >500 мм – на 0,5 м менее глубины промерзания грунта
Газопроводы	При усовершенствованных покрытиях – на 0,8 м; без покрытий – 0,9 м
Теплопроводы в каналах	Не менее 0,5 м до верха канала
Теплопроводы при бесканальной прокладке	Не менее 0,7 м до верха изоляции трубы
Кабели	Не менее 0,7 м
Кабели (при пересечении проезжих частей)	Не менее 1,0 м
Общие коллекторы	Не менее 0,5 м до верха коллектора

10. В прил. 1 указаны расстояния от подземных сетей до различных сооружений. Размещение газопроводов из неметаллических труб следует предусматривать согласно прил. 2.

11. Расстояние по горизонтали (в свету) между соседними инженерными подземными сетями при их параллельном размещении следует принимать от 0,4 до 2,0 м (см. прил. 2), а на вводах инженерных сетей в зданиях сельских поселений – не менее 0,5 м.

Исходя из вышеизложенного инженерные сети следует прокладывать преимущественно по улицам и дорогам, для чего необходимо в поперечных профилях улиц и дорог предусматривать места для укладки сетей: на полосе между красной линией и линией застройки – кабельные сети; под тротуарами – тепловые сети или проходные коллекторы; на разделительных полосах – водопровод, газопровод и хозяйственно-бытовую канализацию.

Под центральными проезжими частями скоростной дороги (СД), общегородской магистрали (ГМ) и магистрали районного значения (РМ) прокладка подземных сетей категорически запрещена. При соответствующем обосновании может быть разрешена прокладка сетей под местными проездами и под проезжими частями РМ и улицы и дороги местного движения (УДМД). В этих случаях можно устраивать самотечные подземные сети – водостоки, канализацию и дренажи [1].

Удаление подземных сетей от кромки проезжей части должно учитывать призму обрушения грунта в траншеях подземной прокладки.

При устройстве подземных сетей в зоне СД, ГМ, РМ, как правило, надо предусматривать дублирующие прокладки, чтобы избежать поперечных пересечений этих магистралей. В полосе отвода СД допускается прокладка сетей, только обслуживающих непосредственно СД.

Прокладка подземных сетей в основном должна быть завершена до начала застройки района (в том числе и до постройки дорог). Необходимо стремиться к совмещенной прокладке сетей в одной траншее или коллекторе. Размещение отдельно прокладываемых сетей необходимо с учетом срока их службы и вероятностной частоты вскрытия.

Размещение подземных сетей по отношению к зданиям, сооружениям, зеленым насаждениям и их взаимное расположение должно исключать возможность подмыва оснований фундаментов зданий и сооружений, повреждения близрасположенных сетей и зеленых насаждений, а также обеспечивать возможность ремонта сетей без затруднения для движения городского транспорта. Минимальная ширина прокладки для нормального размещения одного комплекта инженерных подземных сетей должна составлять не менее 8–12 м, при распределении комплекта по обеим сторонам улицы – менее 6–12 м.

При пересечении подземных сетей между собой минимальное расстояние между ними в свету принимают от 15 до 40 см в зависимости от материала труб и назначения сетей.

1.3. Способы прокладки инженерных сетей

Раздельная прокладка сетей до недавнего времени имела наиболее широкое распространение. При новом строительстве в больших объемах применение этого способа прокладки сетей нецелесообразно как в техническом, так и в экономическом отношении.

Раздельная прокладка сетей требует большого разрыва между ними, а также увеличенных объемов земляных работ. Проведение работ различными организациями в несогласованные сроки на длительное время нарушает нормальное пешеходное и транспортное движение на улицах.

Совмещенная прокладка подземных сетей в одной траншее снижает объемы земляных работ на 35–40%, а стоимость строительства на 15–30%.

Прокладка сетей различного назначения в одной траншее, хотя и рациональнее раздельной прокладки, однако соприкосновение трубопроводов с грунтом сокращает срок их службы, вызывает необходимость частого вскрытия дорожной одежды. В случаях, когда невозможно выполнение работ открытым способом, разработаны различные закрытые способы строительства инженерных сетей: прокол, продавливание, горизонтальное бурение, щитовая проходка и др. В настоящее время наиболее прогрессивным способом сооружения подземных сетей следует считать прокладку их в общих коллекторах. В них располагают линии водопровода, тепловывода, электрические кабели различного напряжения; прокладка газопроводов всех видов в общих коллекторах запрещена. Магистральные сети канализации имеют большие диаметры и требуют определенного уклона при прокладке, поэтому разместить их в общем коллекторе, как правило, не удается. Коллекторы оборудуют освещением, вентиляцией, сигнализацией и другими устройствами, обеспечивающими нормальную эксплуатацию проложенных в них сетей. В практике строительства нашли применение общие коллекторы самой разнообразной конструкции и формы поперечного сечения [1].

Продольный профиль коллектора должен обеспечивать самотечный отвод аварийных грунтовых вод в пониженные точки, оборудованные средствами для удаления воды; для этого лотку коллектора придают уклон 2‰.

Глубину заложения коллектора назначают из условий соблюдения температурного режима внутри него, а также несущей способности элементов, из которых он собирается. Внутренние габариты коллектора на-

значают из условий нормального размещения всех сетей с учетом минимально допустимого расстояния между ними. Высоту в свету принимают не менее 180 см, а ширину прохода не менее 80 см.

Контрольные вопросы

1. Что такое инженерные сети?
2. Какие виды инженерных сетей вы знаете?
3. Каковы общие принципы размещения инженерных сетей?
4. Как по глубине размещают водопровод?
5. Как по глубине размещают ливневую канализацию?
6. Как по глубине размещают теплопроводы?
7. Как по глубине размещают кабельные сети?
8. Как по глубине размещают коллекторы?
9. На основании какого нормативного документа назначают размещение инженерных сетей в свету по отношению друг к другу и по отношению к другим зданиям и сооружениям?
10. Какие способы прокладки инженерных сетей существуют?

2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

2.1. Общие понятия о водоснабжении

Вода в городах и населенных пунктах расходуется населением и промышленными предприятиями на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Кроме того, вода расходуется на тушение пожаров, поливку улиц, зелёных насаждений и пр.

Система водоснабжения населённого места или промышленного предприятия представляет собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора и очистки воды, хранения её запасов и транспортирования воды к местам потребления. Для транспортирования воды служат водопроводные сети.

Схема водопровода – это технически и экономически обоснованные проектные решения той или иной системы.

В соответствии с видом водопотребления различают хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные системы отдельного водоснабжения.

Кроме того, имеют место объединенные системы водоснабжения: хозяйственно-противопожарная, производственно-противопожарная, хозяйственно-производственно-противопожарная.

Различают местные (для одного объекта), групповые (для нескольких объектов) и районные схемы водоснабжения. Районные схемы получили

более широкое распространение. В большинстве населённых мест в настоящее время устраивают централизованные водопроводы. В этом случае снабжение всех потребителей организовано из одного или нескольких источников водоснабжения при одной общей или нескольких сетях.

В комплекс сооружений централизованного наружного водоснабжения входят [7]:

- водозаборные сооружения;
- насосные станции и напорно-регулирующие резервуары;
- очистные сооружения;
- транзитные и разводящие сети.

В ряде систем водоснабжения устраивают только некоторые из перечисленных сооружений.

Все источники водоснабжения подразделяют на две группы – поверхностные (реки, озёра, водохранилища, моря) и подземные (грунтовые и артезианские воды). На рис. 2.1 рассмотрен пример двух вариантов схем водоснабжения населённого пункта [7].

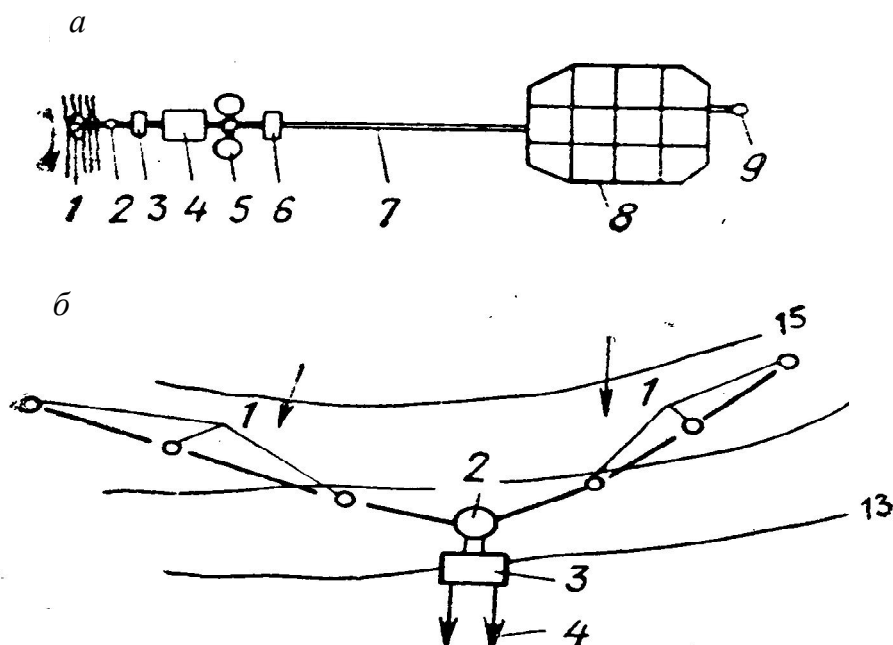


Рис. 2.1. Схемы водоснабжения населённого пункта: *a* – с водозабором от поверхностного источника водоснабжения: 1 – оголовок; 2 – береговой колодец; 3 – насосная станция первого подъёма; 4 – очистные сооружения; 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосные станции второго подъёма; 7 – водоводы; 8 – разводящая сеть; 9 – водонапорная башня или напорный резервуар; *б* – с забором грунтовых вод: 1 – трубчатые или шахтные колодцы; 2 – сборный резервуар; 3 – насосные станции перекачки и хлорирования; 4 – водоводы

При заборе грунтовых вод, особенно артезианских, очистные сооружения обычно не устраивают, т.к. качество этих вод в большинстве случаев удовлетворяет требованиям стандарта.

По способу подачи воды различают водопроводы с механической подачей (напорные), самотёчные и комбинированные.

Производственные системы водоснабжения подразделяют на две группы – прямоточные и оборотные. В первом случае подаваемая для технических целей вода или расходуется целиком, или в процессе производства сильно загрязняется и подлежит сбросу в канализацию.

Систему оборотного водоснабжения устраивают тогда, когда отработанная в процессе производства вода, охлаждённая или подвергнутая очистке, может повторно использоваться на предприятии.

По надёжности подачи воды системы водоснабжения подразделяются на три категории:

- I категория – допустимое снижение подачи воды не более 30% расчётных расходов в течение до трех суток (крупнейшие предприятия металлургической, нефтеперерабатывающей и химической промышленности, электростанции и населённые пункты с числом жителей более 50 000 чел.);

- II категория – допуск тот же, но в течение до одного месяца или перерыв в подаче воды до 5 часов (остальные крупные промышленные предприятия и населённые пункты с числом жителей до 50 000 чел.);

- III категория – допуск тот же, но перерыв в подаче воды до одних суток (мелкие промышленные предприятия, системы орошения и населённые пункты с числом жителей до 500 чел.).

Нормы и режимы водопотребления. Необходимые напоры в сети. **Нормой хозяйственно-питьевого водопотребления** называется количество воды, отнесённое к одному человеку в единицу времени, обычно измеряемое в л/сут. Нормы водопотребления (табл. 2.1) зависят от степени благоустройства жилья, климатических и других условий (прил. 3, 4, 5, 6) [5].

Расчетный суточный расход воды (средний за год), м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в городе определяют по формуле [7]

$$Q_{ср.сут} = q_{ж} \cdot N / 1000, \quad (2.1)$$

где $q_{ж}$ – норма водопотребления по СНиП 2.04.02–84; N – расчетное число жителей.

Установлено, что человечество в день потребляет 7 млрд т воды. Эта вода в большей степени потребляется промышленностью и сельским хозяйством. Так, для выплавки 1 т чугуна необходимо 200 т воды, для очистки 1 т нефти – 18 т воды, для приготовления 1 м³ бетона – 150–200 л.

Запасы пресной воды на Земле катастрофически уменьшаются и, по прогнозам ЮНЕСКО, к 2100 г. человечество будет испытывать водяной голод.

Нормы хозяйственно-питьевого водоснабжения для населённых пунктов с учётом расходов воды на местную промышленность, коммунальные нужды, строительство и транспорт, поливку улиц и зелёных насаждений для городских и промышленных районов определены в размере 600 л/сут.

Таблица 2.1

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления и значения коэффициента неравномерности расхода воды для населенных мест

Степень благоустройства жилых районов	Водопотребление в л/сут на одного жителя		Коэффициент часовой неравномерности	
	среднесуточное (за год)	в сутки наибольшего водопотребления		
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	- без ванн	125 – 150	140 – 170	1,5 – 1,4
	- то же с газоснабжением	130 – 160	150 – 180	1,4 – 1,35
	- с ваннами и водонагревателями, работающими на твердом топливе	150 – 180	170 – 200	1,3 – 1,25
	- то же на газе	180 – 230	200 – 250	1,3 – 1,25
	- с системой горячего водоснабжения	275 – 400	300 – 420	1,25 – 1,2
Застройка зданиями, не оборудованными водопроводом и канализацией, с водоиспользованием из водоразборных колонок	30 – 50	40 – 60		2 – 1,8

На промышленных предприятиях расход воды для удовлетворения производственных нужд определяется технологией производства.

При определении сосредоточенных расходов воды в отдельных общественных зданиях принимают специальные нормативные расходы (так, в

банных – 125–180 л на одного посетителя; на 1 кг сухого белья в прачечных – 60–90 л и т.п.).

Противопожарные требования удовлетворяются следующим образом. Обычно в населённых пунктах устраивают систему хозяйственно-бытового водоснабжения, объединённую с противопожарной. Расчётный расход воды на наружное пожаротушение зависит от количества жителей и этажности застройки. Расчётное количество одновременных пожаров принимается от 1 (при числе жителей до 10 тыс. чел.) до 4 (при более 2 000 тыс. чел.). При этом расход воды увеличивается с 10 л/с на один пожар до 100 л/с.

Режим водопотребления в городах и рабочих посёлках неравномерен как в течение суток, так и в течение года. Так, в течение суток максимум водопотребности приходится на утренние часы – с 8 до 12 часов, минимум – с 24 до 5 часов утра.

Неравномерность водопотребления характеризуется коэффициентами неравномерности: суточным и часовым [7].

Коэффициент суточной неравномерности равен

$$K_{сут} = \frac{Q_{\max.сут}}{Q_{ср.сут}}, \quad (2.2)$$

где $Q_{\max.сут}$ – суточный расход в дни наибольшего водопотребления;
 $Q_{ср.сут}$ – средний суточный расход за год.

Коэффициент часовой неравномерности определяется отношением

$$K_{час} = \frac{Q_{\max.час}}{Q_{ср.час}}, \quad (2.3)$$

где $Q_{\max.час}$ – максимальный часовой расход; $Q_{ср.час}$ – средний часовой расход за сутки.

Коэффициент суточной неравномерности изменяется от 1,1 до 1,3, а часовой – от 1,2 до 3,0.

В наружной водопроводной сети необходимо создавать свободный напор.

Свободным напором называется превышение уровня воды в пьезометрической трубке, присоединённой к водопроводной сети, над поверхностью земли.

Минимальные свободные напоры принимаются в зависимости от этажности застройки. При одноэтажной застройке эти напоры должны быть не менее 10 и 12 м. При большей этажности на каждый этаж нужно добавлять по 4 м.

Свободный напор в сети производственного водопровода назначают в соответствии с требованиями технологии производства.

2.2. Источники водоснабжения

Выбор источника хозяйственно-питьевого водоснабжения производится в соответствии с требованиями ГОСТ 2761–84. В первую очередь при этом следует рассматривать возможность использования подземных вод, т.к. в большинстве случаев вода из них может быть подана в сеть без предварительной очистки. Для производственного водоснабжения используют поверхностные источники.

Предусматриваются специальные меры по охране источников водоснабжения от загрязнения. Согласно действующим положениям, зона санитарной охраны состоит из трех поясов: строгого режима, ограничений, наблюдений.

Пояс строгого режима охватывает территорию, где находится источник водоснабжения, и примыкающую территорию примерно на 100–200 м вокруг (при открытом источнике водоснабжения). В этом поясе запрещено всякое строительство и проживание. В пределах пояса ограничений не допускается устройство свалок, спуск сточных вод и пр. Если источником водоснабжения служит река, то этот пояс включает территорию вверх по течению в пределах 50 км. В поясе наблюдений органы санитарного надзора ведут учёт и эпидемиологическое обследование источников водоснабжения.

Забор воды. Сооружения для забора воды отличаются большим разнообразием. При устройстве сооружений для водозабора из подземных источников необходимо учитывать характер потока грунтовых вод: напорный или безнапорный.

Безнапорные потоки называют в том случае, если водоносный слой насыщен водой лишь частично, а **напорным** – при полном насыщении водоносного пласта. Если в пониженных точках напорного потока пробурить скважину, то вода начинает фонтанировать над поверхностью. В этом случае подземные воды называют **артезианскими**. Безнапорные потоки, приуроченные к почвенному слою, находящемуся на малой глубине от поверхности земли, иногда называют **верховодкой**. Эти воды обычно сильно загрязнены и в центральных системах водоснабжения не используются. Грунтовые воды, находящиеся на большой глубине, обычно бывают достаточно чистыми и могут без очистки подаваться в сеть.

Сооружения для забора воды из поверхностных источников водоснабжения бывают озёрного, речного, водохранилищного и морского типа. На рис. 2.2 показан пример водозабора самотёчного типа.

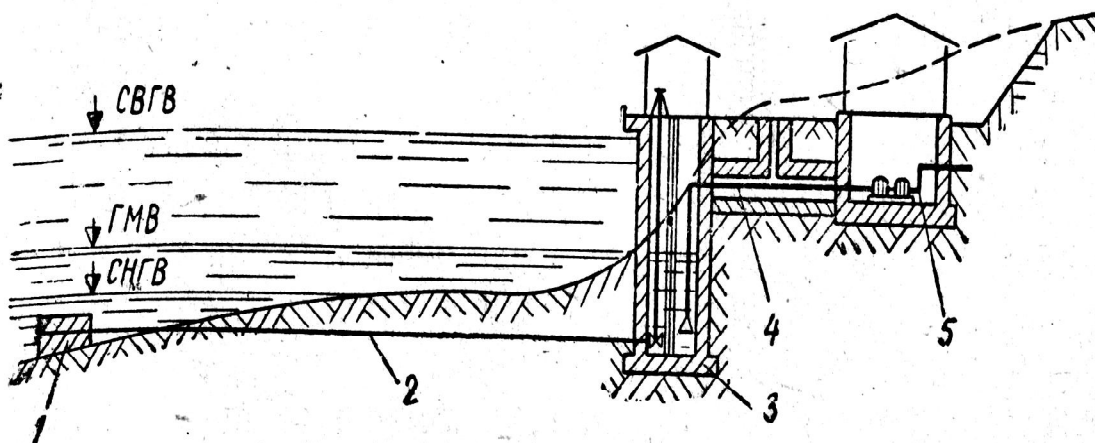


Рис. 2.2. Схема забора воды из поверхностного источника водоснабжения:
 1 – оголовок; 2 – не менее двух самотёчных линий; 3 – береговой колодец;
 4 – всасывающие линии; 5 – насосная станция

Для предохранения самотёчных линий от заиливания их рассчитывают на скорость течения воды не менее 0,7–1,5 м/с.

Насосные станции разделяются на станции первого подъёма, второго подъёма и станции совмещённого типа.

Насосные станции первого подъёма в хозяйственно-питьевых системах водоснабжения обычно подают воду от водоприёмника на очистные сооружения (при поверхностных источниках). При подземных источниках они подают воду или в резервуары чистой воды, или непосредственно в сеть. В производственных источниках водоснабжения, где вода может быть использована без очистки, эти станции подают воду непосредственно в сеть.

Станции второго подъёма подают воду потребителю после её очистки.

Станции совмещённого типа выполняют функции станций первого и второго подъёма. Станции первого подъёма оборудуются насосами, развивающими напор порядка 15–20 м, второго подъёма – 40–60 м и выше.

2.3. Способы очистки воды

Вода природных источников содержит нерастворённые вещества, коллоиды и растворённые вещества органического и минерального происхождения. Кроме того, в воде может содержаться различное количество микробов. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51232–98 [8] вода питьевая для хозяйственно-питьевых нужд контролируется по 15-ти показателям качества (мутность, цветность, щёлочность, привкусы, запахи и др.).

Основные показатели качества питьевой воды (ГОСТ Р51232–98. Вода питьевая)

Запах и привкус	Не более 2 баллов
Активная реакция – концентрация ионов водорода (РН)	6,5<РН<8,5
Мутность – количество взвешенных частиц	Не более 1,5 мг/л
Температура воды (оптимальная)	7–10 °С
Число кишечных палочек в 1 л (иоли-индекс) или наименьший объем воды, в котором еще обнаруживается кишечная палочка (иоли-титр)	Не более 3
Цветность по платинокобальтовой шкале	20 °
Жесткость – содержание солей Са и Mg	7–10 мг.экв/л
Содержание железа	Не более 0,3 мг/л
Содержание фтора	0,7–1,5 мг/л
Содержание свинца	Не более 0,1 мг/л
Содержание урана природного и урана-238	1,7
Содержание остаточного активного хлора	Не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л

К основным *способам очистки* хозяйственно-питьевых вод относятся осветление и обеззараживание.

Осветление воды достигается:

- коагулированием воды (посредством коагулянта – сернокислого алюминия) с целью извлечения взвешенных веществ и веществ, находящихся в коллоидном состоянии;
- отстаиванием в горизонтальных, вертикальных или радиальных отстойниках;
- фильтрованием через пористый материал (медленные, скорые и сверхскорые фильтры).

На второй стадии производится обеззараживание воды. На первом этапе из воды удаляются до 96–98% бактерий, остальные бактерии, среди которых могут быть болезнетворные, уничтожаются хлорированием или обработкой воды ультрафиолетовыми лучами.

2.4. Трубы и их соединения

Водопроводная сеть состоит из труб и колодцев. В колодцах устанавливаются необходимые фасонные части и арматура различного назначения.

Для устройства наружных водопроводных сетей обычно применяют чугунные, стальные и асбестоцементные трубы. В последние годы находят также применение трубы и из других материалов – полиэтиленовые, бетонные, железобетонные, фанерные, стеклянные и др.

Чугунные раструбные трубы получили большое распространение при подземных прокладках. Эти трубы и соединительные фасонные части к ним по действующему ГОСТ 5525–88 [9] рассчитаны на нормальное давление не более 1,0 МПа и на повышенное не более 1,6 МПа. Их выпускают диаметром от 50 до 1000 мм и длиной от 2 до 5 м, причем бóльшая длина соответствует большему диаметру. Для предохранения от ржавления трубы и фасонные части при их изготовлении асфальтируют в горячем состоянии.

Чугунные трубы отличаются высокой прочностью, значительной противокоррозионной сопротивляемостью, простотой соединения и долговечностью.

Стыки раструбных труб заделывают сначала просмоленной или битуминозной прядью, а затем асбестоцементом, цементом и серосплавом. Асбестоцементные стыки эластичнее цементных, в этом заключается их преимущество. В исключительных случаях (при авариях, особо агрессивных водах и пр.) для заделки стыков применяется свинец.

Узлы на водопроводной сети монтируются при помощи фасонных частей, отливаемых из чугуна заводским способом. Применяют: тройники и кресты (для ответвлений), колена и отводы (при изменении направления трубопровода), переходы (при изменении диаметра), патрубki (для перехода от раструбных соединений к фланцевым).

Стальные трубы выдерживают большее внутреннее давление (свыше 10 МПа, ГОСТ 10704–91 [10] и ГОСТ 8696–74 [11]) и имеют меньшую, чем чугунные, толщину стенки. Однако стальные трубы подвержены коррозии в большей степени, чем чугунные, поэтому укладывать их можно только с изоляцией.

Трубы выпускаются диаметром от 20 до 1400 мм, толщина стенки от 3 до 14 мм.

Для прокладки водопровода стальные трубы используют лишь в обоснованных случаях (как правило, при высоких давлениях в сети, под проездами с интенсивным движением, при пересечении водопроводных линий с другими трубопроводами и пр.).

Соединяют стальные трубы главным образом сваркой стыков. Преимущества этого способа – высокая прочность и герметичность. Для соединения различного рода арматуры (задвижек, клапанов и пр.) используют фланцевые соединения. Их размещают внутри камер и помещений, а также в местах, легкодоступных для ремонта и осмотра. Между соединительными поверхностями фланцев кладут прокладки из резины или промасленного картона.

Для защиты от коррозии укладываемые в грунт стальные трубы покрывают изоляцией на основе нефтяного битума и резиновой крошки.

Асбестоцементные трубы (ГОСТ 539–80 [12]) имеют ряд преимуществ по сравнению с металлическими трубами: малый вес, гладкую внутреннюю поверхность, лучшую стойкость против коррозии, диэлектричность. Однако им присущи существенные недостатки: малая сопротивляемость ударам и значительное понижение прочности при падении на твёрдое основание. Промышленностью выпускаются напорные трубы ВТ6, ВТ9, ВТ12 под давление соответственно 0,6; 0,9; 1,2 МПа, диаметром от 100 до 500 мм, длиной 3–4 м.

Асбестоцементные трубы соединяются с помощью муфт двух типов: асбестоцементных с резиновыми уплотнителями или чугунных с болтовыми стяжками и резиновыми уплотнителями. Последнее соединение более герметично, но такие муфты не подлежат повторному использованию при ремонте трубопровода; этот тип соединения более дорогой. Наружные размеры асбестоцементных труб приняты аналогичными с чугунными трубами, поэтому допускается применение чугунных фасонных частей при устройстве водопровода.

Железобетонные напорные трубы (ГОСТ 12586.0–83[13]) также используются для сооружения водопроводных сетей. Они имеют внутренний диаметр от 500 до 1600 мм и длину 5 м. Соединение этих труб производится при помощи раструбов или подвижных муфт с резиновыми прокладками. Рассчитаны на давление 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 МПа.

Винипластовые и полиэтиленовые трубы нашли широкое применение в практике строительства водопроводных сетей за рубежом. Основные преимущества этих труб: малый вес, коррозионная стойкость, гладкая внутренняя поверхность, более высокая (по сравнению с асбестоцементными трубами) ударная прочность.

Трубы напорные полиэтиленовые изготавливают из полиэтилена высокой и низкой плотности четырёх типов: Л – лёгкий, СЛ – среднелёгкий, С – средний, Т – тяжёлый под максимально допустимое давление воды соответственно 0,25; 0,4; 0,6; 1,0 МПа. Средний наружный диаметр полиэтиленовых труб от 10 до 630 мм, длина 6, 8, 10 и 12 м [1].

Трубы из винипласта рассчитаны на давление 0,25; 0,6; 1,0 МПа. Выпускаются диаметром от 6 до 150 мм, длиной 5, 6, 8 и 12 м.

Полиэтиленовые и винипластовые трубы (ГОСТ 18599–83 [14]) и фасонные части могут соединяться с помощью раструбных, фланцевых и резьбовых соединений, а также сварки и склейки.

Стеклянные напорные трубы выпускают диаметром от 20 до 122 мм под рабочее давление от 0,4 до 0,8 МПа длиной от 1 до 3 м. Основным недостатком этих труб является их хрупкость и слабое сопротивление удару и изгибу.

Сетевая арматура. Водопроводные сети оборудуются следующей арматурой: запорной и регулирующей (задвижки и вентили); водоразборной

(водопроводные краны, колонки и пожарные гидранты); предохранительной (предохранительные, обратные и редукционные клапаны, вантузы).

Арматуру, как правило, устанавливают в колодцах.

Задвижки применяют для отключения разводящих линий от магистральных и разделения сети на отдельные ремонтные участки, включающие не более пяти гидрантов.

Водоразборные колонки применяют в тех случаях, когда внутренний водопровод в зданиях отсутствует. Расстояние между колонками принимают 200–250 м.

Пожарные краны для наружного пожаротушения бывают двух типов: подземные и наземные. В настоящее время наиболее распространены подземные пожарные гидранты диаметром 125 мм. Пожарные гидранты располагают вдоль дорог и проездов на расстоянии не более 100 м друг от друга, не ближе 5 м от стен зданий и не далее 2 м от дороги.

Предохранительные клапаны и **вантузы** размещают в колодцах. Первые предотвращают повышение давления в трубах сверх допустимого, вторые служат для выпуска воздуха, скапливающегося обычно в повышенных точках водопроводной сети.

В 1971 г. ЦНИИЭП инженерного оборудования выпущен типовой проект 901-9-8 «Водопроводные колодцы», включающий: круглые колодцы из сборного железобетона, кирпича и монолитного бетона для труб $D_y = 250–1000$ мм.

Для железобетонных конструкций смотровых колодцев и камер применяют бетон, нормируемый по марочной прочности, морозостойкости и водонепроницаемости в зависимости от климатического района строительства и категории конструкций по условиям их работы под нагрузкой. Марка бетона по прочности от 200 до 400; по морозостойкости – от $M_{рз} 50$ до $M_{рз} 300$; по водонепроницаемости – от В4 до В8.

Круглый железобетонный колодец собирается из шести унифицированных элементов конструкций (рис. 2.3 – 2.8).

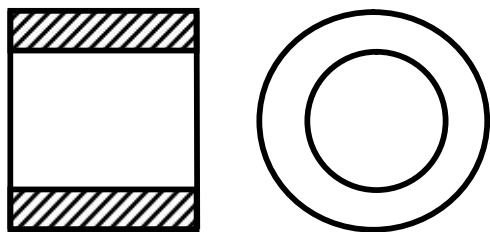


Рис. 2.3. Кольцо стеновое:
 $D = 700–2000$ мм; $H = 290–1190$ мм
(КС7-1 – КС20-3)

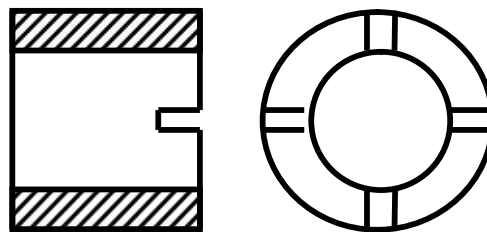


Рис. 2.4. Кольцо стеновое с отверстиями
для труб: $D = 1000–2000$ мм;
 $H = 890–1190$ мм
(КС10-2-1А – КС20-3-1А)

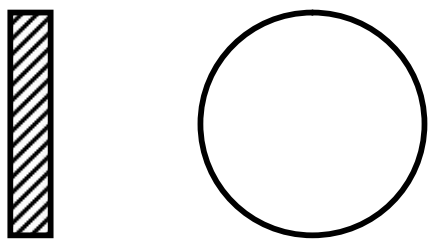


Рис. 2.5. Плита днища: $D=1500 - 2500$ мм
(ПД10-1-1 – ПД20-1-1)

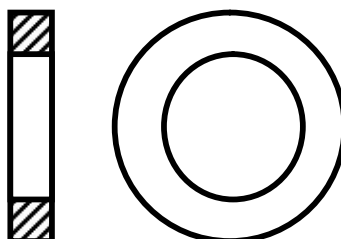


Рис. 2.6. Кольцо опорное:
 $D_n = 840$ мм; $D_{вн} = 580$ мм (КО7-1)

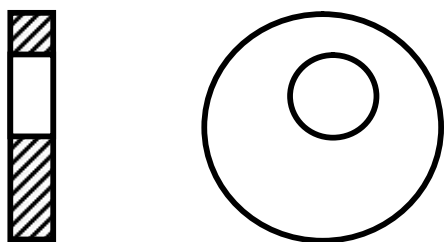


Рис. 2.7. Плита перекрытия:
 $D_n = 1160 - 2200$ мм; $D_{вн} = 700$ мм
(ПП10-1-1 – ПП20-2-2)

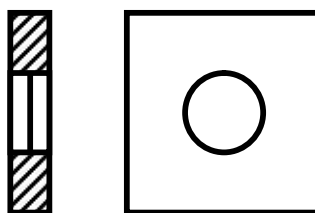


Рис. 2.8. Плита дорожная с нишей
для люка ПНЛ1-1

Внутренние размеры типовых прямоугольных колодцев в плане – 1,5x2; 2x2; 2,5x2; 2,5x2,5. Высота рабочей части – 0,9; 1,2; 1,5; 1,8.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое система водоснабжения?
2. Что такое схема водопровода?
3. Какие существуют системы водоснабжения?
4. Что входит в комплекс сооружений центрального наружного водоснабжения?
5. Какие источники водоснабжения существуют?
6. Представьте схему поверхностного водоснабжения.
7. Представьте схему подземного водоснабжения.
8. Какие бывают группы водоснабжения?
9. Как подразделяются системы водоснабжения по надежности подачи воды?
10. Что такое норма водопотребления?
11. Как определить расчетный суточный расход воды?
12. Перечислите нормы расхода воды для населенных пунктов (примеры).
13. Каковы противопожарные нормы расхода воды?
14. Что такое свободный напор?
15. Какие способы очистки питьевой воды вы знаете?

16. Какие трубы используются на водопроводных сетях?
17. Какие существуют схемы изоляции стальных трубопроводов?
18. Какие соединения существуют на водопроводных сетях?
19. Какую сетевую арматуру используют на водопроводных сетях?

3. КАНАЛИЗАЦИЯ

3.1. Системы канализации

Централизованная канализация – это комплекс инженерных сооружений, служащих для приёма и удаления сточных вод за пределы населённых мест и промышленных предприятий, а также для их обеззараживания.

Сточные воды делят [6]:

- на бытовые (хозяйственно-фекальные) – образуются в жилых, общественных, коммунальных и промышленных зданиях в результате жизнедеятельности людей;
- производственные – образуются в результате использования воды в различных технологических процессах производства;
- дождевые – образуются на поверхности уличной сети в основном при выпадении атмосферных осадков и таянии снега.

Все сточные воды имеют ту или иную степень загрязнения. Наиболее загрязнены бытовые сточные воды. В зависимости от того, какие категории сточных вод отводит канализационная сеть, различают следующие системы канализации.

Общесплавная система канализации – это система, при которой по одной подземной сети труб и каналов отводятся сточные воды всех категорий за пределы населённых мест (рис. 3.1) [3].

Коллекторы общесплавной канализации имеют большие сечения, в результате чего их строительство требует больших единовременных капиталовложений.

Раздельная система канализации может быть полной раздельной и неполной раздельной. При полной раздельной прокладывают две самостоятельные подземные сети труб и каналов, из которых одна служит для отведения бытовых и загрязнённых производственных сточных вод, а вторая для отвода дождевых и условно чистых производственных вод (рис. 3.2). Первая сеть называется бытовой, а вторая дождевой или водосточной.

По бытовой сети сточные воды попадают на очистные сооружения, а по ливневой – в ближайшие водные протоки

При полной раздельной системе бытовую сеть строят в первую очередь, причём диаметр труб обычно значительно меньше, чем дождевой сети (т.к. расчётный расход дождевых вод в 20–50 раз больше, чем бытовых).

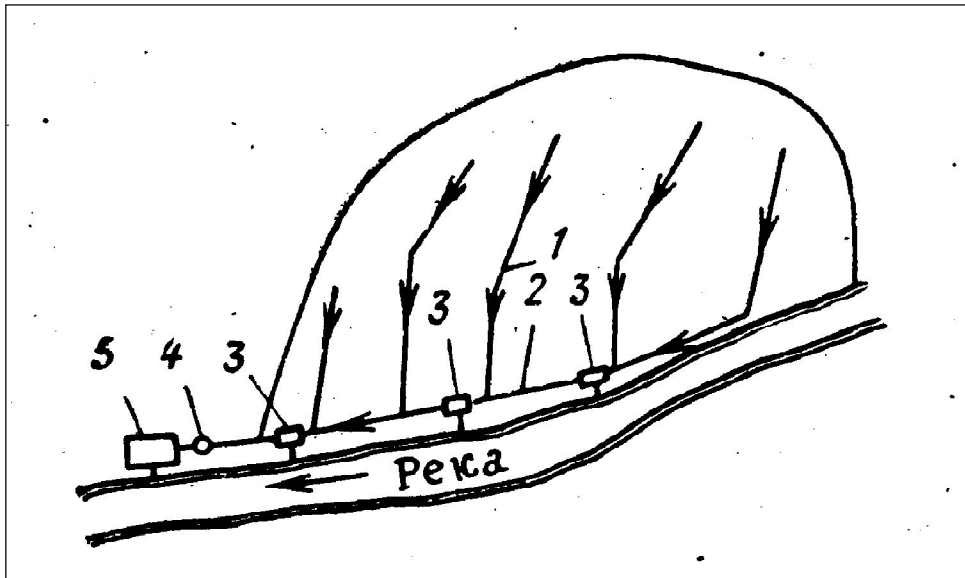


Рис. 3.1. Общесплавная система канализации: 1 – коллектор; 2 – главный коллектор; 3 – камера ливнепуска; 4 – насосная станция; 5 – очистные сооружения

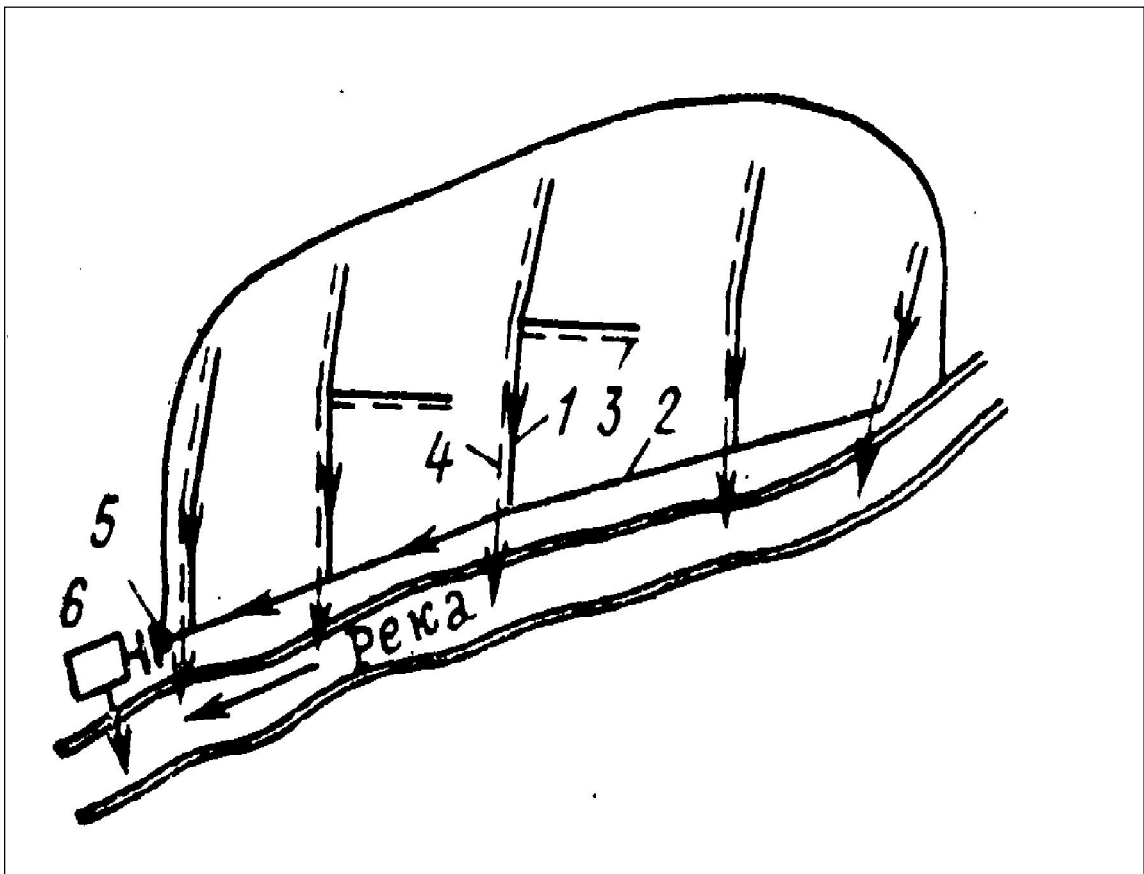


Рис. 3.2. Полная раздельная система канализации: 1 – коллектор бытовой канализации; 2 – главный коллектор бытовой канализации; 3 и 4 – коллектор и главный коллектор дождевой канализации; 5 – насосная станция; 6 – очистные сооружения

Если при раздельной канализации устраивают только бытовую сеть, систему называют *неполной раздельной*.

Полураздельная система предусматривает строительство двух сетей, по одной из которых отводятся бытовые сточные воды, загрязнённые производственные стоки и первые грязные потоки дождевых вод, а по второй (ливневой) удаляются относительно чистые дождевые и условно чистые производственные сточные воды. Для разделения дождевых вод устраивают специальные камеры – интерцепторы.

Полураздельная система канализаций является наиболее совершенной в санитарном отношении. Однако камеры-интерцепторы не совершенны, а капиталовложения на одновременное строительство двух сетей велики; поэтому полураздельную систему канализации в настоящее время не проектируют.

Наиболее распространена раздельная система канализации. Эта система удовлетворительна в санитарном отношении и считается более экономичной, т.к. в первую очередь строится бытовая сеть труб малого диаметра, а по мере благоустройства территории прокладывается дождевая сеть. До этого дождевые воды отводятся по лоткам и кюветам.

3.2. Нормы водоотведения. Расчетные расходы

Для определения расходов в бытовой системе канализации нужно знать количество жителей, проживающих в интересующем районе, норму водоотведения и режим поступления сточных вод в сеть.

Нормы водоотведения для населённых мест принимают равными нормам водопотребления с учётом водопотребления специализированных предприятий (бани, прачечные и пр.), за исключением расходов воды производственными предприятиями и на поливку улиц (прил. 7) [6].

Как и водопотребление, водоотведение происходит неравномерно, т.е. при расчёте канализации используют коэффициенты суточной и часовой неравномерности (прил. 8). Установлено, что общий коэффициент неравномерности водоотведения в основном зависит от среднего расхода сточных вод; величина этого коэффициента изменяется от 3,0 (при среднем расходе до 5 л/с) до 1,15 (при 1 250 л/с и более).

Гидравлическому расчёту бытовой сети предшествует определение расчётных расходов по её отдельным участкам. Для этого вначале определяют удельный расход в л/с с каждого гектара канализируемой территории:

$$Q = \frac{g \cdot \rho_n}{24 \cdot 60 \cdot 60}, \quad (3.1)$$

где g – норма водоотведения на одного жителя, л/сут; ρ_n – плотность населения (число жителей на 1 га). Плотность населения по жилым территориям приведена в прил. 9.

Канализационную сеть рассчитывают на пропуск максимального секундного расхода сточных вод:

$$Q_{\max} = \frac{N \cdot q_{жс}}{86400} \cdot K_{\text{общ}}, \quad (3.2)$$

где N – численность населения города; $q_{жс}$ – норма водоотведения бытовых вод, принимается равной норме водопотребления; $K_{\text{общ}}$ – общий коэффициент неравномерности водоотведения бытовых сточных вод.

Затем территорию населённого места разбивают на площади стока и подсчитывают их площадь. Расчёт расхода на каждом участке равен собственному расходу плюс транзитный расход от вышележащего участка.

Расчётный расход дождевых вод определяют по методу предельных интенсивностей с учётом площади стока, коэффициента стока, расчётной интенсивности дождя и периода однократного превышения расчётной интенсивности.

Расчетный расход воды на участке канализационной сети определяется по формуле

$$Q_p = Q_{mp} + Q_{дон} + Q_c, \quad (3.3)$$

где Q_{mp} – транзитный расход сточных вод, поступающий в расчетный участок сети из боковой сети; $Q_{дон}$ – дополнительный расход, поступающий от зданий прилегающего квартала; Q_c – сосредоточенный расход от промышленного предприятия.

Расчётные расходы производственной канализации полностью определяются технологией на данном предприятии.

Максимальный секунднй расход для производственных сточных вод

$$Q_{\max} = \frac{P_{см} \cdot q_{np} \cdot a}{T \cdot 3600} \cdot K_c, \quad (3.4)$$

где q_{np} – норма водоотведения на единицу продукции, м³; $P_{см}$ – количество продукции в смену; K_c – коэффициент часовой неравномерности водоотведения производственных сточных вод.

3.3. Перекачка сточных вод

Канализационную сеть обычно устраивают самотечной (безнапорной) и проектируют на неполное заполнение (от 0,6 диаметра до 0,8). Чтобы вода протекала с необходимой скоростью, сеть прокладывают с уклоном, (минимальные скорости от 0,7 до 1,5 м/с). При малых уклонах поверхности земли и большом протяжении сети коллекторы приходится заглублять, что

значительно удорожает производство работ. Если сеть заглублена до экономически целесообразного предела, целесообразно устроить насосную станцию. Станции перекачки устраивают и в пониженных районах города.

Канализационные станции, служащие для перекачки сточных вод на очистные сооружения из заглублённых коллекторов, называются *главными*.

Станции, служащие для подъёма воды из коллекторов глубокого заложения в коллекторы с меньшим заложением, называются *станциями подкачки (перекачки)*.

Наименьшую глубину заложения канализационных труб необходимо принимать на основании опыта эксплуатации сетей в данном районе. При отсутствии таких данных минимальную глубину заложения лотка трубопровода допускается принимать для труб диаметром до 500 мм на 0,3 м; для труб большего диаметра – на 0,5 м менее наибольшей глубины проникновения в грунт нулевой температуры, но не менее 0,7 м до верха трубы.

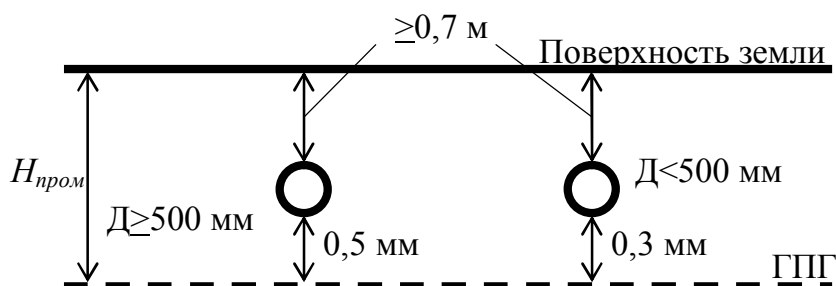


Рис. 3.3. Схема определения минимальной глубины заложения канализационных труб

Тогда можно записать $H = H_{пром} - (0,3 - 0,5) > 0,7 + D_{трубы}$.

Начальную глубину заложения уличной сети определяют по формуле

$$H_{нач} = H + i \cdot (L+1) - (Z_1 - Z_2) + \Delta d, \quad (3.5)$$

где H – номинальная глубина заложения труб сети от поверхности земли до лотка трубы в наиболее удаленном колодце внутриквартальной сети; i – уклон внутриквартальной сети; $L+1$ – длина внутриквартальной сети от наиболее удаленного колодца до места присоединения ее к уличной сети; Z_1, Z_2 – отметки поверхности земли у наиболее удаленного колодца внутриквартальной сети и у места ее присоединения к уличной сети; Δd – разница диаметров трубопроводов уличной и внутриквартальной сетей у места их присоединения.

Наибольшая глубина заложения канализационных труб зависит от способа их прокладки. При открытом способе глубина заложения коллектора составляет 10–15 м в сухих грунтах и 5–7 м в мокрых.

При пересечении канализационных труб с водопроводными первые прокладывают ниже водопроводных с расстоянием не менее 0,4 м по вертикали. В противном случае водопровод заключается в кожух длиной не менее 5 м, а в фильтрующих грунтах – не менее 10 м в обе стороны (по горизонтали) от места их пересечения.

Бытовую канализацию рассчитывают на частичное наполнение труб: H/D , где H – высота слоя воды в трубе, мм; D – диаметр трубы, мм.

Расчетные наполнения в трубопроводах бытовой канализации рекомендуется принимать в зависимости от диаметра труб (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Наполняемость трубы

Диаметр трубы D , мм	150-300	350-450	500-900	>900
Наполняемость трубы в долях от диаметра H/D	0,6	0,7	0,75	0,8

Минимальные диаметры трубопроводов сетей уличной канализации принимаются в зависимости от системы канализаций (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Минимальный диаметр трубы

Система канализаций	Полная раздельная	Хозяйственно- бытовая	Дождевая
Диаметр трубы D , мм	200	250	250

Расчетной скоростью называют скорость течения сточных вод, при расчетном расходе и наполнении. Минимальную скорость сточных вод, при которой происходит самоочищение сети, назначают в зависимости от диаметра труб (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Минимальная скорость сточных вод

Диаметр трубы D , мм	150- 250	300- 400	450- 500	600- 800	900- 1200	1300- 1500	>1500
Минимальная скорость V , м/с	0,7	0,8	0,9	1	1,15	1,3	1,5

Наибольшую расчетную скорость движения сточных вод следует принимать 8 м/с для металлических труб и 4 м/с для неметаллических труб.

Канализационные трубы прокладывают с уклоном. Наименьшим уклоном трубы называется уклон, обеспечивающий при расчетном наполнении трубы скорость самоочищения.

Наименьшие уклоны бытовой канализации принимаются по табл. 3.4.

Таблица 3.4

Наименьший уклон бытовой канализации

Диаметр трубы D , мм	150	200	>250
Наименьший уклон трубы i , ‰	8	5	По расчету

Ориентировочно $i_{\min} = 1/D$, где D – диаметр трубы, мм.

Все виды очистки сточных вод основаны на минерализации органических веществ в аэробных условиях (т.е. окислении при участии кислорода). Спуск сточных вод в поверхностные водоёмы регламентируется. «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами». В сточных водах нормируется содержание кислорода, величина рН, прозрачность, окраска, запах, содержание ядовитых веществ и пр.

3.4. Методы очистки сточных вод

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах, подразделяются на грубодисперсные, коллоидно-растворённые и истинно растворённые.

Все загрязнения делятся на минеральные, органические, бактериальные и химические. Основным химическим элементом загрязнений растительного происхождения является углерод. Загрязнения животного происхождения содержат много азота. В химическом составе сточных вод содержатся: углерод, калий, сера, хлор, железо, азот, магний, натрий, сульфаты и др. В минеральной части сточных вод содержатся песок, шлак, кислоты, соли, частицы руды и др. Наиболее опасными являются бактериальные загрязнения, в которых содержатся живые микроорганизмы, дрожжевые грибки, бактерии, вирусы, возбудители тифа, дизентерии, сибирской язвы и др.

Методы очистки сточных вод разделяются на механические, химические и биологические [15].

При механических методах очистки из сточных вод выделяются оседающие и всплывающие вещества, задерживается до 60–80% нерастворённых загрязнений. К механическим средствам очистки относятся: решётки, сита, песколовки и отстойники.

Химические методы позволяют довести эффект очистки сточных вод до 85% по взвешенным веществам и до 25% по растворённым. Применение этих методов основано на том, что при введении в сточную воду растворов некоторых реагентов образуются хлопья, способствующие осаждению взвешенных веществ.

Биологические методы очистки применяются для извлечения из сточных вод мельчайших взвесей, не оседающих в отстойниках, а также коллоидов и растворённых веществ. В результате аэробных биохимических процессов, протекающих в сооружениях этого типа, происходит минерализация органических веществ.

К средствам биологической очистки относятся сооружения двух групп:

- I группа – это сооружения, биологическая очистка на которых происходит в условиях, близких к естественным (поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды);

- II группа – это сооружения различного типа, специально возводимые для очистки сточных вод (биологические фильтры, аэротенки и пр.).

Обеззараживание – это обязательный процесс окончательной очистки сточных вод. Даже в аэротенках при полной очистке задерживается не более 95% бактерий, поэтому сточные воды дезинфицируются хлорированием в специальных сооружениях на последнем этапе очистки. Доза хлора для отстаиваемых сточных вод составляет 30 г на 1 м³, а после полной биологической очистки 10 г на 1 м³. Продолжительность контакта хлора со сточными водами принимается равной 30 мин. Дезинфекция осуществляется во вторичных отстойниках после биологических фильтров или в специальных резервуарах после аэротенков.

3.5. Сооружения на канализационных сетях.

Материал канализационных труб

На канализационных сетях сооружают колодцы и камеры. Камеры из сборного железобетона сооружают на всех канализационных сетях в местах соединения нескольких линий больших диаметров в один коллектор.

В зависимости от назначения на канализационных сетях устраивают колодцы: смотровые, линейные, поворотные, узловые, контрольные, промывные, перепадные (со стояком, с водосливом и водобойным колодцем). Трубы внутри колодцев и камер заменяют открытыми лотками с бермой и небольшим уклоном от стенок колодца к лотку. Конструкция смотрового колодца приведена на рис. 3.4 [1].

Устройство лотков в колодцах различного назначения представлено на рис. 3.4.

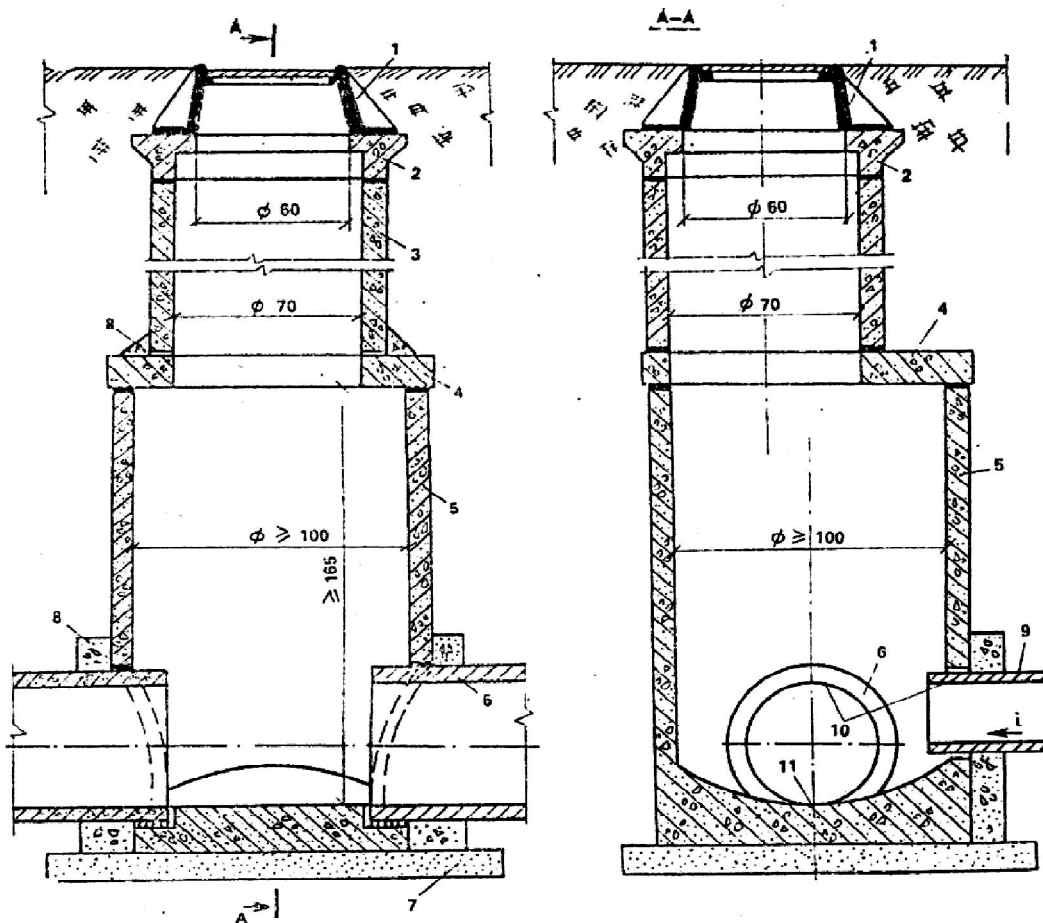


Рис. 3.4. Сборный смотровой колодец: 1 – люк колодца; 2 – опорное кольцо; 3 – горловина колодца; 4 – плита перекрытия; 5 – рабочая камера; 6 – продольный водосток; 7 – песчаное основание; 8 – заделка бетоном В 15; 9 – водосточная ветка; 10 – щельга трубы; 11 – лоток трубы и колодца

Расстояния между смотровыми колодцами зависят от диаметра трубопровода(ливневой канализации) и принимаются по табл. 3.5.

Таблица 3.5

Расстояние между смотровыми колодцами

Диаметр трубопровода, мм	150	200-450	500-600	700-900	1000-1400	1500-2000	Свыше 2000
Расстояние между смотровыми колодцами, м	35	50	75	100	150	200	250

Диаметры круглых колодцев и ширину прямоугольных колодцев следует применять в зависимости от диаметра трубопровода ливневой канализации (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Диаметры колодцев

Диаметр трубопровода, мм	До 600	700	800-1000	1200
Диаметр круглых колодцев, мм	1000	1250	1500	2000
Ширина прямоугольных колодцев, мм	1000	1200	1300-1500	1700

Дождевые воды, стекающие с поверхности проезжих частей дороги, поступают в закрытую ливневую канализацию через дождеприемные колодцы (рис. 3.5) [1]

Из дождеприемных колодцев дождевые или талые воды по веткам присоединения, закладываемым в низовой части дождеприемника, поступают в ливневую канализацию. Дождеприемные колодцы бывают круглые, диаметром не менее 0,7 м или прямоугольные. Размещение дождеприемников предусматривается во всех пониженных местах, а также у перекрестков до створа организованных переходов улиц. Расстояние между дождеприемными колодцами принимается от 50 до 80 м друг от друга, в зависимости от уклона улиц либо по расчету (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Расстояние между дождеприемными колодцами

Продольный уклон улицы, ‰	До 4	4-6	6-10	10-30
Расстояние между дождеприемными колодцами, м	50	60	70	80

Уклоны трубопроводов бытовой канализации назначаются согласно СП 32.13330.2012 [6]: 7‰ при $d=150$ мм, 5‰ при $d=200$ мм и 0,0005‰ при $d=1250$ мм и более.

Трубы для прокладки канализационных сетей должны быть водонепроницаемыми, прочными и долговечными, устойчивыми к различным видам коррозии и температурным влияниям. Этим требованиям в основном отвечают чугунные, керамические, бетонные, железобетонные, асбестоцементные и пластмассовые трубы.

Дождевые воды, стекающие с поверхности проезжих частей дороги, поступают в закрытую ливневую канализацию через дождеприемные колодцы (рис. 3.5) [1].

Диаметр труб определяется по расчёту; при этом минимальный диаметр труб должен приниматься: для уличной сети – 200 мм, для внутриквартальной и производственной – 150 мм; для дождевой и общесплавной уличной сети – 250 мм, внутриквартальной – 200 мм [1].

Трубы чугунные для безнапорных трубопроводов выпускают по ГОСТ 6942–98 диаметрами 50, 100, 150 мм.

Керамические раструбные трубы изготавливают в соответствии с ГОСТ 286–82 диаметром от 150 до 600 мм. Эти трубы особенно широко применяются для строительства сетей бытовой канализации ввиду их высокой стойкости к агрессивным средам, долговечности, гладкой внутренней поверхности. Серьёзные недостатки этих труб – хрупкость и малая ударная прочность.

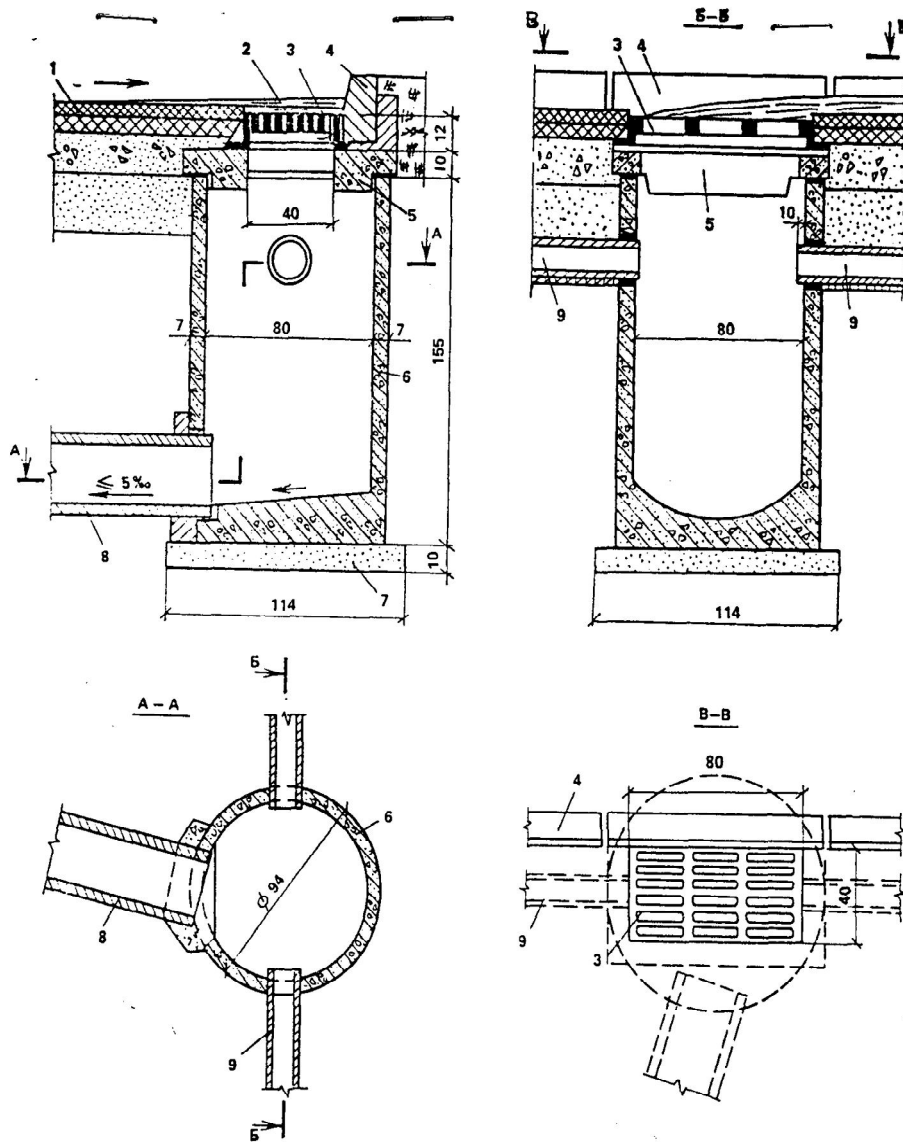


Рис. 3.5. Сборный железобетонный дождеприемный колодец: 1 – дорожная одежда; 2 – лоток проезжей части; 3 – водоприемная решетка с люком; 4 – бортовой камень; 5 – плита перекрытия; 6 – рабочая камера с днищем и лотком; 7 – песчаное основание; 8 – водосточная ветка; 9 – дренажные трубы

Железобетонные безнапорные трубы изготавливают по ГОСТ 6482–88 с диаметром условного прохода от 400 до 4000 мм. По форме концов трубы подразделяются на раструбные и фланцевые (рис. 3.6). Раструбные трубы изготавливают с раструбом типа А – с заделкой стыков при помощи зачеканки соответствующим герметиком или раструбом типа Б – с заделкой стыков с помощью уплотненных колец из резины.

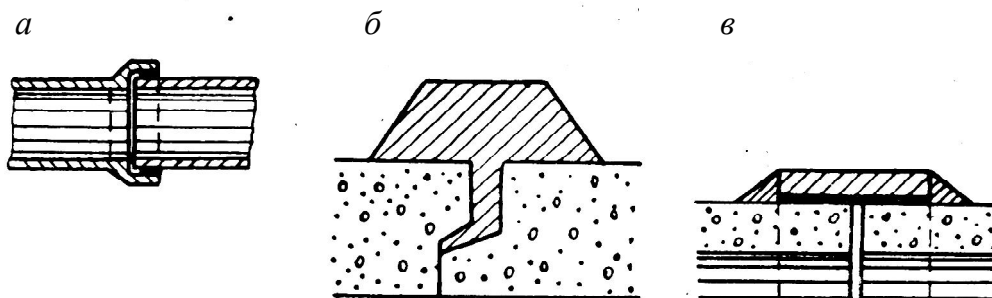


Рис. 3.6. Соединения канализационных труб: *а* – раструбный стык; *б* – фальцевое соединение с пояском; *в* – соединение с помощью муфт

По форме поперечного сечения трубы выпускаются круглые и круглые с плоской подошвой.

Коллекторы устраивают из круглых железобетонных труб, а при отсутствии нужного размера – из сборных железобетонных элементов.

Бетонные безнапорные трубы изготавливают по ГОСТ 20054–82 диаметром от 100 до 1000 мм таких же типов, как и железобетонные трубы.

Бетонные и железобетонные трубы наиболее широко используются при прокладке дождевой канализации. При строительстве из этих труб бытовой канализации их поверхность необходимо покрывать противокоррозионными защитными мастиками.

Асбестоцементные безнапорные трубы диаметром от 100 до 400 мм изготавливают по ГОСТ 1839–80 с гладкими концами длиной 3 и 4 м. Эти трубы в последнее время находят широкое применение для устройства канализационных сетей. Соединяются эти трубы с помощью муфт из асбестоцемента, поставляемых в комплекте с трубами.

Пластмассовые трубы преимущественно используют при прокладке дюкеров, монтажа трубопроводов в насосных станциях.

Стыки раструбных соединений заделывают асфальтовой мастикой, асбестоцементным и цементным раствором. Мастики более эластичны, а цементные зачеканки рекомендуются только на непросадочных грунтах ввиду высокой жесткости этих соединений. Фальцевые соединения заделывают мастикой или цементным раствором сплошным пояском по диаметру трубы [27].

Колодцы на канализационных сетях устраивают для наблюдений за работой сетей, а также для прочистки, промывки трубопроводов и ликвидации возможных засорений. Колодцы бывают линейными, поворотными, узловыми и перепадными. Их устраивают соответственно при повороте трассы, изменении диаметра и уклона при укладке труб, в месте присоединения притоков и при необходимости устройства перепадов. Линейные

смотровые колодцы устраивают на прямых участках на расстоянии от 35 до 300 м в зависимости от диаметра труб.

Размеры колодцев в плане зависят от наибольшего диаметра присоединяемых труб; диаметр круглых колодцев надлежит принимать от 1000 до 2000 мм; размер прямоугольных колодцев: при диаметре труб до 700 мм – длина 1000 мм, ширина $D+400$ мм, при большем диаметре – длина $D+400$ мм, ширина $D+500$ мм [27].

Сооружения на водопроводных сетях. Дюкеры служат для транспортирования сточных вод через реки, овраги и при пересечении канализационной сети с подземными сооружениями (рис. 3.7).

Дюкеры обычно прокладывают из стальных труб, реже из чугунных раструбных.

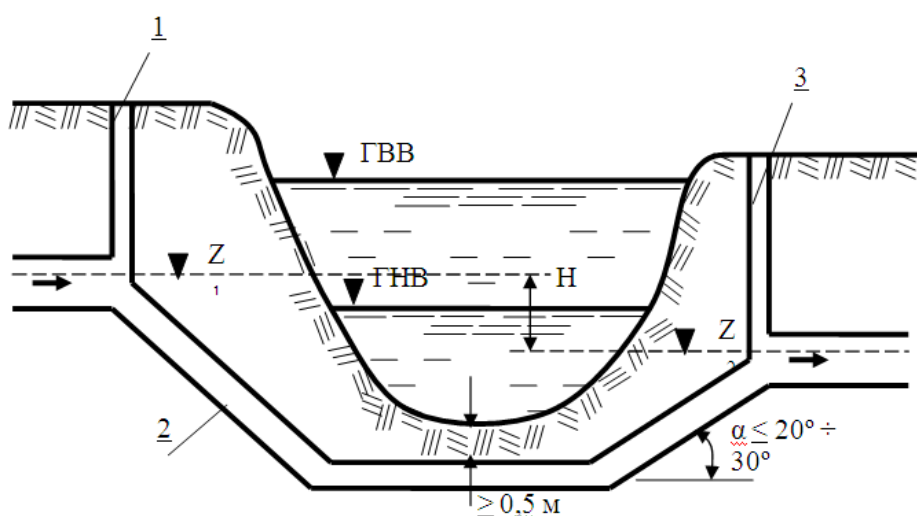


Рис. 3.7. Схема канализационного дюкера: 1 – входная камера; 2 – трубопроводы; 3 – выходная камера

Переходы под железными и автомобильными дорогами предусматриваются из стальных или чугунных труб, укладываемых в футляры или тоннели. Расстояние от верха покрытия автомобильной дороги до верха футляра или тоннеля предусматривается от 1 м (при открытом способе работ) до 1,5 м (при закрытом).

Кроме этого, к специальным сооружениям на канализационных сетях относятся сифоны, выпуски, система вентиляции и др.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое централизованная канализация?
2. Как подразделяются сточные воды?
3. Представить общесплавную систему канализации.
4. Представить раздельную схему канализации.
5. Что называют нормой водоотведения?

6. Как определить расход сточных вод для ливневой канализации?
7. Как определить расход сточных вод для бытовой канализации?
8. Как определить расход сточных вод для промышленной канализации?
9. Какова наименьшая и наибольшая глубина заложения ливневой канализации?
10. Какая минимальная скорость течения сточных вод в трубах и от чего она зависит?
11. Какие существуют методы очистки сточных вод?
12. Какие сооружения на канализационных сетях?
13. Какие трубы используются на канализационных сетях?
14. От чего зависит крутизна откосов траншеи?

4. СТРОИТЕЛЬСТВО ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

4.1. Технологическая последовательность строительства ливневой канализации

Технологическая последовательность строительства ливневой канализации состоит из следующих технологических операций [1, 2]:

1. Разбивка траншеи.
2. Снятие растительного слоя.
3. Рытьё траншеи экскаватором.
4. Ручная доработка дна траншеи и откосов.
5. Устройство основания под тело трубы.
6. Монтаж труб ливневой канализации.
7. Заделка стыков между трубами.
8. Устройства основания под смотровые колодцы.
9. Монтаж смотровых колодцев.
10. Отрывка траншеи под ветки присоединения и дождеприемные колодцы.
11. Монтаж дождеприемных колодцев, веток присоединения и заделка стыков.
12. Гидравлическое испытание ливневой канализации на утечку.
13. Засыпка траншей под ветки присоединения песком.
14. Ручная засыпка труб ливневой канализации с послойным уплотнением грунта.
15. Механизированная засыпка траншеи бульдозером.
16. Уплотнение грунта над траншеей.
17. Погрузка и вывозка лишнего грунта.
18. Восстановление растительного слоя над траншеей.

1. Разбивка траншеи.

До начала производства работ по строительству ливневой канализации на местности с помощью геодезических инструментов устанавливают положение оси и кромок траншеи в соответствии с проектом.

Эту работу производят по разбивочному чертежу, представленному в проекте производства работ (ППР).

Закрепление положения оси и кромок траншеи ливневой канализации на местности производят путем постановки столбов и забивки кольев. Для определения высотных отметок на участке трубопровода устанавливают постоянные или временные реперы. Поскольку при строительстве земляных работ, особенно в зоне городской застройки, колья, забитые по оси и по кромкам траншеи, будут уничтожены, их выносят за пределы траншеи и периодически восстанавливают, от осей траншеи откладывают в обе стороны размеры траншеи, характеризующие её ширину, и закрепляют кольями. Расстояние между кольями по оси и кромкам траншеи составляет 20 м.

До начала земляных работ необходимо получить ордер, т.е. разрешение на производство работ в городских условиях. Для удобства производства работ размеры траншеи понижу принимают на 0,5–1,0 м шире внешнего диаметра трубопровода [16].

Зная глубину траншеи и соответствующую данному грунту крутизну откоса, определяют величину его заложения.

2. Снятие растительного слоя.

Снятие растительного слоя с поверхности траншей производят бульдозером либо автогрейдером. Растительный грунт перемещают за пределы строительства и складировывают в бурты с последующим восстановлением его на газонах.

3. Рытье траншеи экскаваторами.

По условиям техники безопасности рытьё траншей и котлованов с вертикальными стенками без их крепления допускается только в грунтах естественной влажности на глубину, не превышающую 1 м в песчаных и крупнообломочных грунтах; 1,25 м в супесях; 1,5 м в суглинках и глинах, кроме очень прочных, и 2 м в очень прочных суглинках и глинах.

При глубине, более указанной, траншеи и котлованы роют с откосами. Крутизна откосов траншей зависит от её глубины, вида грунта и степени его увлажнения (табл. 4.1) [17].

Крутизна откосов траншей

Наименование грунта	Наибольшая допустимая крутизна откосов при глубине траншеи, м			
	в сухих грунтах			в водонасыщенных грунтах
	до 1,5	1,5 – 3,0	3,0 – 5,0	до 5
Насыпной	63° 1:0,5	45° 1:1	38° 1:1,25	38° 1:1,25
Песчаный гравелистый	63° 1:0,5	45° 1:1	45° 1:1	38° 1:1,25
Супесь	76° 1:0,25	56° 1:0,67	50° 1:0,85	45° 1:1
Суглинок	90° 1:0	63° 1:0,5	53° 1:0,75	45° 1:1
Глина	90° 1:0	76° 1:0,25	63° 1:0,5	45° 1:1

При разработке траншеи с грунтами естественной влажности применяют экскаваторы с обратной лопатой или драглайном.

Чаще всего принимают экскаваторы на пневмоходу с гидравлическим управлением, обладающие большой маневренностью и скоростью передвижения, что немаловажно в условиях городской застройки. Такие экскаваторы выполняют рассредоточенные объемы земляных работ, требующих частых перебросок с объекта на объект.

Экскаватор с прямой лопатой в основном используется при разработке выемок в сухих и маловлажных грунтах, что связано с необходимостью съезда на дно выемки. Применяют продольные лобовые или боковую проходки с погрузкой грунта в транспортное средство, которое обычно размещают непосредственно в забое. Для выезда и въезда транспорта устраивают наклонные пандусы с уклоном 10... 15°.

Для строительства ливневой канализации применяют экскаваторы с емкостью ковша от 0,15 до 1,6 м³ и более. Экскаваторы с обратной лопатой (рис. 4.1) перемещаются по верху забоя, копают «на себя», т.е. разрабатывают грунт, лежащий ниже уровня его стоянки. Экскаваторы с обратной лопатой применяются главным образом для разработки траншей при прокладке инженерных сетей (водопровод, канализация, теплопроводы и др.), а также небольших котлованов в слабых грунтах.

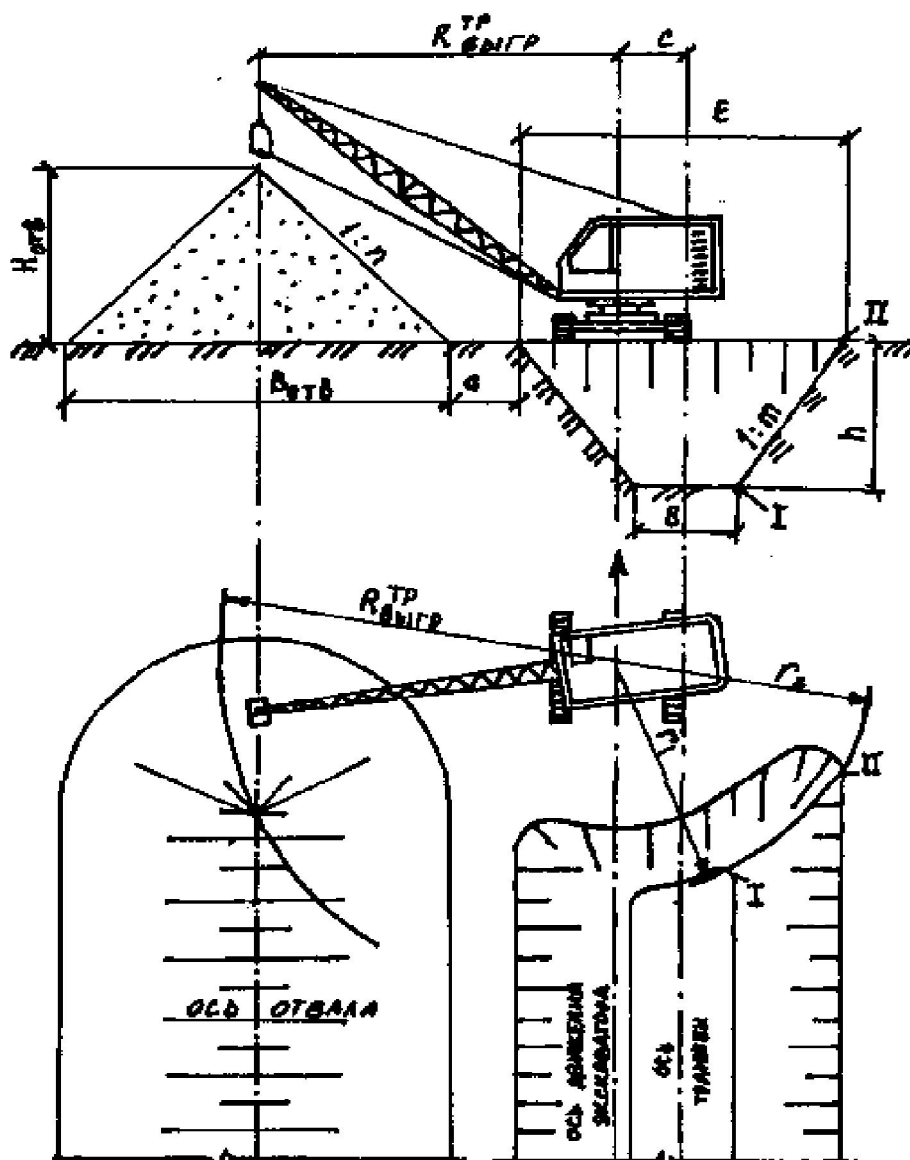


Рис. 4.1. Рытье траншеи экскаватором

Разрабатываемый грунт отсыпают в отвал на бровку вдоль траншеи и частично в автосамосвалы (излишний, не нужный для засыпки).

В зависимости от ширины траншеи и рабочих параметров экскаватора (радиуса резания и радиуса выгрузки грунта из ковша) разработку грунта производят торцевой проходкой (рис. 4.2) или боковой проходкой (рис. 4.3).

Торцевую проходку применяют в тех случаях, когда радиус резания и радиус выгрузки грунта в отвал на бровку траншеи достаточны для образования траншеи необходимой ширины и глубины. Боковую проходку применяют при разработке широких траншей и котлованов, при строительстве коллекторов большого диаметра.

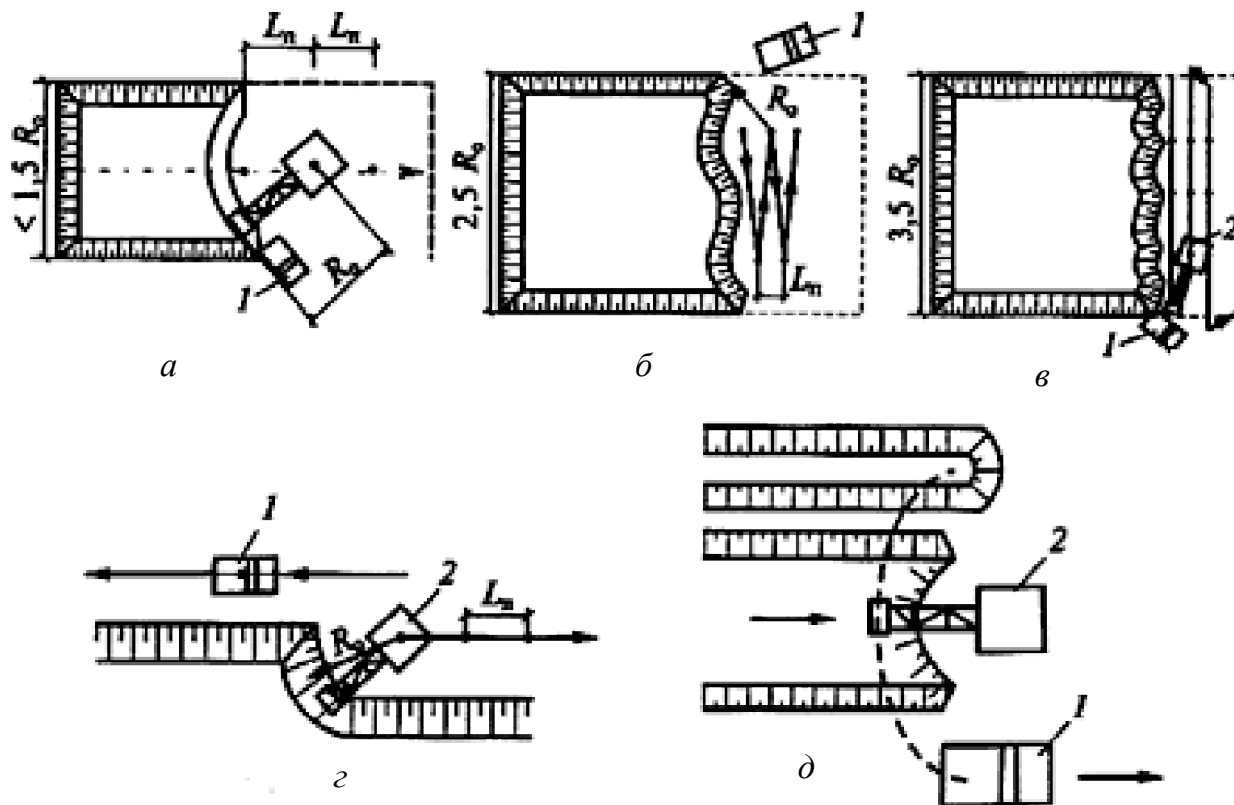


Рис. 4.2. Варианты проходки экскаватора с рабочим оборудованием «обратная лопата»: а – торцевая (лобовая); б – уширенная лобовая; в – поперечно-торцевая; з – боковая; д – торцевая с разгрузкой грунта в транспорт и в отвал

Экскаватор-драглайн, имеющий удлиненную стрелу и ковш, свободно подвешенный на тросе, применяют при разработке глубоких котлованов и траншей с отсыпкой грунта в отвал или в автосамосвал (рис. 4.3).

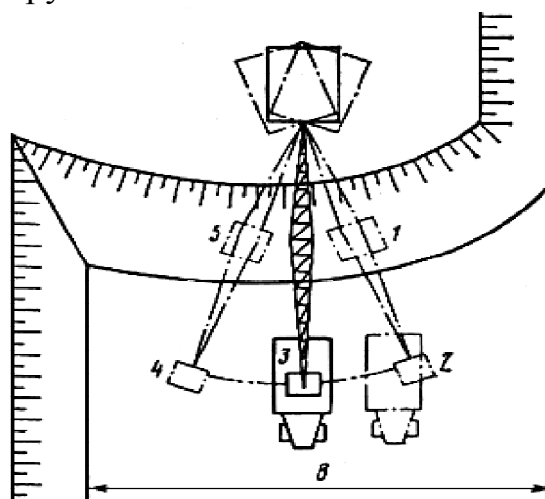


Рис. 4.3. Рытье траншеи экскаватором драглайн

Разработка грунта производится ниже уровня стоянки экскаватора с работой его «на себя», ковш заполняется во время волочения его по грунту. Преимуществом экскаватора-драглайна перед экскаватором с обратной

лопатой является то, что он может разрабатывать переувлажненные грунты и даже грунты со дна водоема [18].

Многоковшовые экскаваторы могут применяться для разработки траншей с вертикальными стенками шириной 0,2–0,4 м и глубиной до 1,6 м малой производительности, для траншей шириной 0,8–1,1 м и глубиной до 3,5 м средней производительности и для траншей шириной 1,8–2,1 м и глубиной до 2,5 м большой производительности.

В основном многоковшовые экскаваторы применяются для прокладки кабельных сетей различного назначения. Производительность роторных экскаваторов при разработке траншей глубиной до 2,5 м достигает до 500 м³ грунта в 1 ч.

Траншеи и котлованы большой глубины обычно роют с откосами, а в случае разработки их вертикальными стенами устраивают временные крепления с учетом вида грунта, глубины разработки, размеров котлована и ширины траншеи.

В нешироких траншеях в связных грунтах естественной влажности и послойной разработке траншей на глубину 3 м устраивают горизонтальные крепления из досок, закрепленных на стояках с прорезями в одну доску; если глубина более 3 м, устраивают сплошные крепления из досок с поперечными распорками диаметром 13 см с шагом 1 м по высоте.

Для предотвращения разрушений стенок глубоких траншей, отрываемых вблизи зданий, в стесненных условиях стенки траншеи закрепляют металлическим шпунтом. Шпунты имеют на боковых гранях совмещенные паз и гребень; их соединяют между собой, надвигая одну на другую с торца. Преимущества металлического шпунта – его прочность, возможность забивки по кривой и многократная оборачиваемость; недостаток – подверженность коррозии.

Забивка свай осуществляется с помощью сваебойных агрегатов – копров. Во всех случаях, где позволяют условия работы, траншеи роют с откосами без установки креплений.

4. Ручная доработка дна траншеи и откосов.

Трубы укладывают на основание, естественная структура которых не должна быть нарушена (переборы грунта при рытье траншеи экскаватором не допускаются). Для этой цели при рытье траншеи экскаватором оставляется недобор грунта, который разрабатывается вручную с одновременным устройством ложа перед укладкой труб. Правильность устройства ложа проверяется по шаблону.

5. Устройства основания под тело трубы.

Подземные трубопроводы укладывают на основания, которые в зависимости от несущей способности грунта могут быть естественными или искусственными. Естественным основанием может быть большинство укрепленных грунтов. Искусственные основания делают в виде подушек (песчаных или щебеночных) из бетона или железобетона.

Естественные основания. Укладываемые на естественное основание трубопроводы должны соприкасаться с ними на всем протяжении не менее 1/4 часть своей цилиндрической поверхности, что достигается устройством грунтового ложа, форма которого соответствует цилиндрической поверхности трубы. В глинистых грунтах трубы укладывают на песчаные подушки толщиной не менее 1 см (песок подушек тщательно уплотняют) [18].

Искусственное основание. Для укладки труб в недостаточно устойчивых сухих грунтах на дно траншеи делают подготовку из гравия, гравийно-песчанной смеси или песка толщиной не менее 1 см на всю ширину траншеи. На подготовке устраивают бетонную подушку (стул) в виде лотка высотой не менее 1 см в средней части. При укладке труб на бетонную поверхность стула наносится раствор слоем 2–3 см. В хорошо отдающих воду водоносных грунтах железобетонные трубы укладывают на бетонное основание (стул), расположенное на гравийно-песчанной или щебеночной подготовке толщиной 20–25 см.

Железобетонные трубы большого диаметра укладываются на основания из сборных железобетонных плит, соединенных между собой сваркой выпускной из них арматуры. Чтобы избежать просадки трубопроводов у стыков, засыпку прямков выполняют особо тщательно путем подсыпки песка с послойным трамбованием до состояния естественной плотности.

6. Монтаж трубы ливневой канализации.

Для монтажа труб ливневой канализации используют краны разной грузоподъемности. При прокладке подземных трубопроводов используют самоходные автокраны и краны – трубоукладчики на гусеничном ходу. Выбор автокрана производят по его грузоподъемности на соответствующем вылете стрелы с проверкой возможности перемещения груза при соответствующей высоте подъема крюка крана.

При выборе крана намечают схему его работы, т.е. возможное положение его относительно траншеи. Далее определяют минимальный вылет стрелы, т.е. наименьшее расстояние от вертикальной оси вращения поворотной платформы крана до оси трубопровода (в траншее). Это расстояние определяется в зависимости от принятой схемы работы и от материала трубы (рис. 4.4).

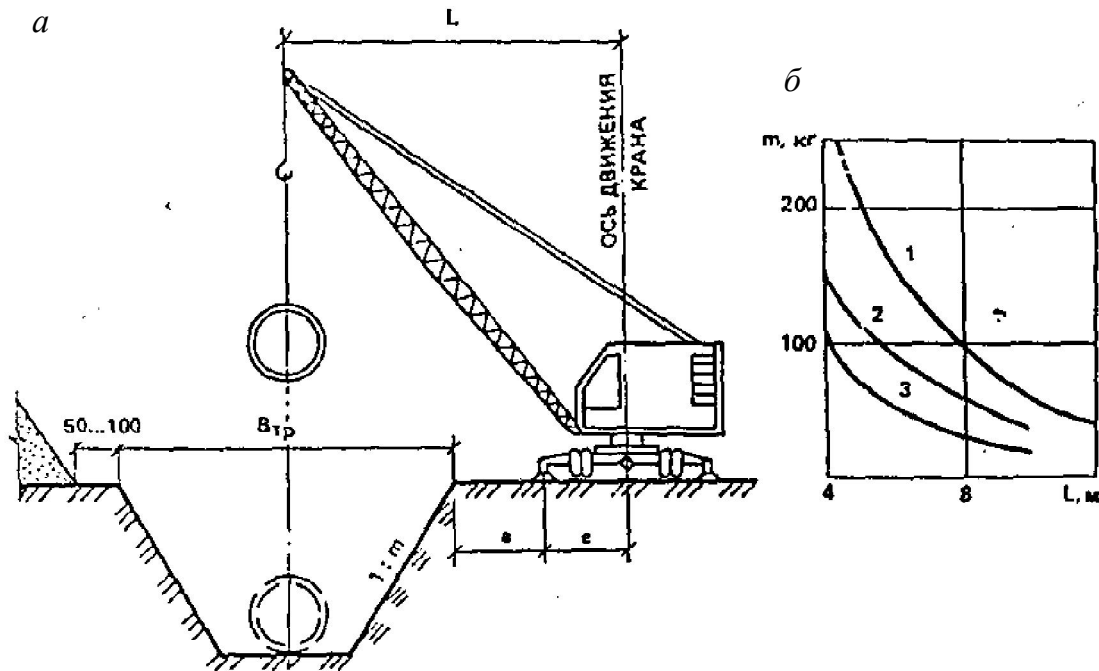


Рис. 4.4. Монтаж трубопроводов: *а* – схема монтажа; *б* – характеристика грузоподъемности кранов T в зависимости от вылета крюка L ; 1 – КС-5363; 2 – КС-4361; 3 – КС-3561

Бетонные и железобетонные трубы малого диаметра раскладывают вдоль бровки траншеи на расстоянии 1,0-1,5 м от нее, а кран устанавливают за трубами. Тогда необходимый вылет стрелы крана, м, будет равен [19, 25]

$$R = B/2 + a_1 + a_2 + a_3 + e/2, \quad (4.1)$$

где B – ширина траншеи по верху; a_1 – расстояние от бровки до трубы; a_2 – ширина места занимаемой трубой; a_3 – расстояние от трубы до крана; e – ширина крана.

При укладке труб большого диаметра, если расположить кран за трубами, он будет значительно удален от траншеи, что потребует увеличить его грузоподъемность. Чтобы избежать этого, кран следует установить на расстоянии 1,5 – 2 м от бровки траншеи с условием, чтобы он не находился в призме обрушения грунта. При этом трубы располагают за краном.

Необходимый вылет стрелы крана, м, будет равен

$$R = B/2 + a + e/2, \quad (4.2)$$

где a – расстояние от бровки траншеи до крана.

Укладку изолированных плетей из стальных труб ведут кранами = трубоукладчиками. Плеть размещают между трубоукладчиками и бровкой траншеи. Расстояние от бровки траншеи до трубоукладчика должно быть не менее 2 м, тогда необходимый вылет стрелы будет равен

$$R = B/2 + a . \quad (4.3)$$

Определив необходимый вылет стрелы по одной из схем, подсчитывают максимальный груз, который может поднять кран.

Монтаж железобетонных безнапорных раструбных труб ведут снизу вверх раструбом навстречу уклону с помощью грузоподъемных приспособлений (строп, траверс, захватов).

Монтаж безнапорных трубопроводов производится автокранами на подготовленное естественное или искусственное основание. Уложенные трубы выверяют по отвесу и ходовой визирке.

7. Заделка стыков между трубами.

Водонепроницаемость стыков железобетонных раструбных безнапорных труб, используемых для строительства ливневой канализации, обеспечивают заделкой раструбной щели пеньковой смоляной или битумизированной прядью (каболкой) с последующим устройством замка из асбестоцементной или цементопесчаной смеси. Вместо пеньковой пряди могут быть применены резиновые монтажные кольца.

Пеньковую прядь вводят в раструбную щель на такую глубину, чтобы осталось место для устройства замка. Глубина заделки раструбной щели асбестоцементной смесью должна быть в зависимости от диаметра труб (50–200) от 25 до 42 мм.

8. Устройства оснований под смотровые колодцы.

Под смотровые колодцы устраивают основания из цементобетонных плит. Цементобетонные плиты монтируют автокраном на подстилающие слои из щебня и песка. Песок и щебень доставляют автосамосвалами с базы хранения этих материалов или из карьеров подают к месту укладки, послойно разравнивают, поливают водой и уплотняют ручными трамбовками. Затем с помощью автокрана монтируют железобетонную плиту днища. Толщину слоя песка, щебня и плиты днища назначают в зависимости от диаметра смотрового колодца.

9. Монтаж смотровых колодцев.

Монтаж смотровых колодцев производят автокраном. Доставленные к месту монтажа кольца смотрового колодца монтируют краном на плиту

днища на цементный раствор марки не ниже 100. Все последующие кольца смотрового колодца также монтируют автокраном на цементный раствор. Снаружи смотровой колодец должен быть изолирован с помощью обмазочной и оклеечной гидроизоляции толщина и конструкция которой назначаются в зависимости от степени влажности грунта.

10. Отрывка траншеи под ветки присоединения и дождеприемные колодцы.

Отрывку траншеи под ветки присоединения и дождеприемные колодцы производят экскаватором обратная лопата на всю ширину дорожного полотна городской дороги глубиной не менее глубины дождеприемного колодца (см. рис. 3.5). Длину траншеи и ее ширину назначают в зависимости от конструкции поперечного профиля городской улицы, расположения дождеприемных колодцев и их количества в поперечном профиле [16].

11. Монтаж дождеприемных колодцев, веток присоединения и заделка стыков.

Монтаж дождеприемных колодцев и веток присоединения производят монтажники 2–4-го разрядов автокраном. Стыки между асбестоцементными фальцевыми трубами заделывают с помощью асбестоцементных муфт с резиновыми уплотнителями. Все соединения между трубами и дождеприемными колодцами заделывают цементным раствором.

12. Гидравлическое испытание ливневой канализации на утечку.

Безнапорные трубопроводы. Безнапорный трубопровод следует испытывать на герметичность дважды: предварительное испытание – до засыпки и приемочное (окончательное) испытание – после засыпки одним из следующих способов:

1– определение объема воды, добавляемой в трубопровод, проложенный в сухих грунтах, а также в мокрых грунтах, когда уровень (горизонт) грунтовых вод у верхнего колодца расположен ниже поверхности земли более чем на половину глубины заложения труб, считая от люка до шельги;

2 – определение притока воды в трубопровод, проложенный в мокрых грунтах, когда уровень (горизонт) грунтовых вод у верхнего колодца расположен ниже поверхности земли менее чем на половину глубины заложения труб, считая от люка до шельги. Способ испытания трубопровода устанавливается проектом.

Испытанию безнапорных трубопроводов на герметичность следует подвергать участки между смежными колодцами.

Предварительное испытание на герметичность следует начинать после выдержки в заполненном водой состоянии железобетонного трубопровода и колодцев, имеющих гидроизоляцию с внутренней стороны или водонепроницаемые по проекту стенки, в течение – 24 ч [15].

Приемочное испытание трубопроводов на герметичность производится при не присыпанном землей трубопроводе в течение 30 мин. Величину испытательного давления необходимо поддерживать добавлением воды в стояк или в колодец, не допуская снижения уровня воды в них более чем на 20 см. Полученную величину утечки сравнивают с допустимой по СП 32.13330.2012 [6].

13. Засыпка траншей под ветки присоединения песком.

Засыпку траншеи под ветки присоединения производят песком слоями по 20 см с послойным уплотнением ручными трамбовками.

14. Ручная засыпка труб ливневой канализации с послойным уплотнением грунта.

Засыпку траншеи ливневой канализации вначале производят вручную грунтом с послойным уплотнением ручными трамбовками. Толщина слоев назначается в зависимости от вида грунта и от массы трамбовки, но не более 20 см. В местах пересечения траншеи с проезжими частями дорог засыпку траншей ведут песком с проливкой водой.

15. Механизированная засыпка траншеи бульдозером.

Механизированная засыпка траншеи грунтом производится бульдозером. Объем грунта принимается с учетом запаса на уплотнение.

16. Уплотнение грунта над траншеей.

Уплотнение грунта в траншее производят самоходным пневмокатком, который движется вдоль траншеи. Число проходов катка по одному следу назначается пробной укаткой из расчета достижения требуемой плотности. Коэффициент уплотнения грунта в траншее должен быть не менее 0,95. Ориентировочное число проходов пневмокатка массой 16 т составляет 6 – 8 проходов по одному следу в зависимости от вида грунта, влажности грунта и толщины уплотняемого слоя. Величина перекрытия следа катка должна быть 20 – 30 см или равной одной трети ширины катка.

17. Погрузка и вывозка лишнего грунта.

Погрузку лишнего грунта производят экскаватором либо погрузчиком. Грунт вывозят автосамосвалами в места, где он может быть использован, например для засыпки котлованов строящихся городских объектов.

18. Восстановление растительного слоя над траншеей.

Восстановление растительного грунта производится над траншеей бульдозером.

Пример выполнения работ по строительству ливневой канализации приведен в калькуляции трудовых затрат в табл. 4.2, состав отряда – в табл. 4.3, состав звена – в табл. 4.4.

Таблица 4.2

Калькуляция трудовых затрат на устройство подземных инженерных сетей (ливневой канализации, водопровода)

Номер захватки	№ п/п	Источник обоснования норм времени	Наименование работ в технологической последовательности	Ед. изм.	Сменный объём	Норма времени $H_{вр}$	Производительность в смену	Количество машино-смен
1	2	3	4	5	6	7	9	10
1	1		Разбивочные работы	пог. м	-	-	-	
	2	Е2-1-5 №1а [20]	Снятие растительного слоя за 1 – 2 прохода по 1 следу бульдозером ДЗ-8	1000 м ²	0,49	0,84	9,52	0,05
	3	Е2-1-13 таб.5 №3ж	Разработка грунта в траншее под устройство ливневой канализации экскаватором ЭО-4121	100 м ³	3,81	2,1	3,81	1,00
2	4	Е2-1-47 таб.2 №1д	Ручная доработка грунта в траншее землекопом 2-го разряда	1м ³	17,82	0,85	9,41	1,89
	5	Е2-1-8 таб.3 №1а	Погрузка песка в автосамосвал экскаватором ЭО-1621	100 м ³	0,21	8,4	0,95	0,22
	6	Расчёт №1	Подвоз песка автосамосвалом КамАЗ 5511	т	30,86	-	46,94	0,66
	7	Е9-2-32 №1 [21]	Устройство основания из песка монтажниками наружных трубопроводов 2-го ,3-го разрядов	1м ³	20,57	0,9	8,89	2,31
	8	Расчёт №2	Поливка песка поливомоечной машиной ПМ-130Б	т	1,23	-	19,49	0,06
3	9	Е4-3-178 №1б	Погрузка труб ливневой канализации в бортовую машину краном КС-2561	1зв.	11	0,31	25,81	0,43
	10	Расчёт №3	Перевозка труб ливневой канализации бортовой машиной «Урал-4320»	т	18,7	-	38,35	0,49
	11	Е4-3-178 №1б [22]	Разгрузка труб ливневой канализации краном КС-2561	1зв.	11	0,31	25,81	0,43

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	9	10
3	12	Е4-3-178 №16	Монтаж труб ливневой канализации краном КС-2561	1зв.	11	0,31	25,81	0,43
	13	Е9-2-6 табл. 5 №2б	Монтаж труб ливневой канализации монтажниками наружных трубопроводов 2,3,4-го разрядов	1м	55	0,34	23,53	2,34
		Е9-2-6 табл.5 №2в	В том числе на заделку стыков	1м	55	0,1	80	0,69
4	14	Е4-3-179 №16	Установка труб смотрового колодца краном КС-2561	1зв.	1	0,3	26,67	0,04
	15	Е9-2-29 №2а	Монтаж смотрового колодца монтажниками наружных трубопроводов 2,3,4-го разрядов	1к	1	7,6	1,05	0,95
5	16	Е2-1-13 табл.5 №3ж	Отрывка траншеи под ветки присоединения экскаватором ЭО-4121	100 м ³	0,69	2,1	3,81	0,18
	17	Е4-3-178 №16	Погрузка асбестоцементных труб в бортовую машину краном КС-2561	1зв.	38	0,31	25,81	1,47
	18	Расчёт №3	Перевозка асбестоцементных труб бортовой машиной «Урал-4320»	т	0,69	-	38,35	0,02
	19	Е4-3-178 №16	Разгрузка асбестоцементных труб краном КС-2561	1зв.	38	0,31	25,81	1,47
	20	Е9-2-4 табл.2 №1б	Монтаж асбестоцементных труб монтажниками наружных трубопроводов 2,3,4 -го разрядов	1м	110	0,1	80	1,38
Е9-2-4 табл.2 №1в		В том числе на заделку стыков	1м	110	0,09	88,89	1,24	

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	9	10
5	21	Е4-3-178 №1б	Разгрузка асбестоцементных труб краном КС-2561	1зв.	2	0,31	25,81	0,08
	22	Е9-2-29 №2а	Монтаж смотрового колодца монтажниками наружных трубопроводов 2,3,4-го разрядов	1к	2	7,6	1,05	1,90
6	23	-	Гидравлическое испытание	-	-	-	-	-
7	24	Е2-1-8 табл.2 №1а	Погрузка песка в автосамосвал экскаватором ЭО-1621	100 м ³	0,27	8,4	0,95	0,28
	25	Расчёт №1	Подвоз песка автосамосвалом КамАЗ 5511	т	40,04	-	46,94	0,85
	26	Е2-1-34 №2а	Засыпка траншеи под ветки присоединения бульдозером ДЗ-8	100 м ³	0,27	0,35	22,86	0,01
	27	Расчёт №2	Поливка песка поливомоечной машиной ПМ-130Б	т	1,60	-	19,49	0,08
	28	Е2-1-58 табл.2 №2а	Засыпка траншеи ливневой канализации землекопами 1,2 - го разрядов	1м ³	136,29	0,79	10,13	13,45
	29	Е2-1-34 №2а	Механизированная засыпка траншеи бульдозером ДЗ-8	100 м ³	2,08	0,35	22,86	0,09
	30	Е2-1-31 табл.2 №2а,4а	Уплотнение грунта самоходными пневмокатками ДУ-31А	100 м ³	2,08	0,49	16,33	0,13
1	31	Е2-1-13 табл.5 №3ж	Разработка грунта в траншее под укладку водопровода экскаватором ЭО-4121	100 м ³	5,62	2,1	3,81	1,48
2	32	Е2-1-47 табл.2 №1д	Ручная доработка грунта в траншее землекопом 2- го разряда	1м ³	55,37	0,85	9,41	2,70
	33	Е2-1-8 табл.3 №1а	Погрузка песка в автосамосвал экскаватором ЭО-1621	100 м ³	0,20	8,4	0,95	0,21
	34	Расчёт №1	Подвоз песка автосамосвалом КамАЗ 5511	т	29,7	-	46,94	0,63

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	9	10
3	35	Е9-2-32 №1	Устройство основания из песка монтажниками наружных трубопроводов 2,3 -го разрядов	1м ³	19,8	0,9	8,89	2,23
	36	Расчёт №2	Поливка песка поливомоечной машиной ПМ-130Б	т	1,19	-	19,49	0,06
4	37	Расчёт №4	Перевозка стальных труб автопоездом ЗИЛ-130 и прицеп-ропуск 1-ПП-5м	т	8	-	24,72	0,32
	38	Е4-3-178 №16	Разгрузка стальных труб краном КС-2561	1зв.	5	0,31	25,81	0,19
	39	Е9-2-1 табл.1 №8	Сборка стальных труб в звенья на бровке траншеи монтажниками наружных трубопроводов 3,4,5-го разрядов	1м	55	0,16	50	1,1
	40	Е9-2-1 табл.2 №8в	При укладке труб в траншею монтажниками наружных трубопроводов 3,4,6-го разрядов	1м	55	0,33	24,24	2,27
5	41	Е9-2-9 табл.2 №5б	Испытание трубопровода монтажниками наружных трубопроводов 3,4,5-го разрядов	1м	55	0,22	36,36	1,51
6	42	Е9-2-12 № 6б	Антикоррозионная изоляция стыков изолировщиками термоизоляции 3,4-го разрядов	1 ст	4	1	8	0,5
	43	Е9-2-13 табл.2 №9а	Тепловая изоляция стыков изолировщиками термоизоляции 2,4-го разрядов	1м	27,5	1,7	4,71	5,84
	44	Е2-1-58 табл.2 №2а	Засыпка траншеи ливневой канализации землекопами 1,2-го разрядов	1м ³	154,77	0,79	10,13	15,28
	45	Е2-1-34 №2а	Механизированная засыпка траншеи бульдозером ДЗ-8	100 м ³	4,04	0,35	22,86	0,18

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	9	10
7	46	Е2-1-31 табл.2 №2а,4а	Уплотнение грунта самоходными пневмокатками ДУ-31А	100 м ³	4,04	0,49	16,33	0,24
	47	Е2-1-8 табл.3 №1а	Погрузка песка в автосамосвал экскава- тором ЭО-1621	100 м ³	0,70	8,4	0,95	0,72
	48	Расчёт №5	Вывозка лишнего грунта автосамосва- лом КамАЗ 5511	т	117,22	-	68,88	1,70
	49	Е2-1-22 табл.2 №2а+ПР-3	Надвижка растительного грунта бульдо- зером ДЗ-8	100 м ³	0,73	0,55	17,11	0,04

Таблица 4.3

Состав специализированного отряда

Наименование машин	Марка машин	Количество машин	Профессия и разряд	Коэффициент использования
Экскаватор	ЭО-4121	3	Машинист 6-го разряда	1,0
Бульдозер	ДЗ-8	1	Машинист 6-го разряда	0,37
Экскаватор	ЭО-1621	2	Машинист 4-го разряда	0,72
Автосамосвал	КамАЗ 5511	4	Водитель категории С	0,96
Поливомоечная машина	ПМ-130Б	1	Водитель категории С	0,20
Кран	КС-2561	4	Машинист 6-го разряда	0,92
Бортовая машина	«Урал-4320»	1	Водитель категории С	0,51
Каток	ДУ-31А	1	Машинист 6-го разряда	0,37
Автопоезд	ЗИЛ-130 1-ПР-5М	1	Водитель категории С	0,32

Таблица 4.4

Состав специализированного звена

Профессия	Разряд	Количество
Геодезист	Инженер	1
Дорожный рабочий	1	1
Машинист	6	9
	4	2
Землекоп	2	19
	1	14
Водитель	Категория С	7
Монтажники наружных трубопроводов	6	3
	5	4
	4	28
	3	48
	2	23
Изолировщики	4	7
	3	2
	2	6

4.2. Контроль качества при строительстве ливневой канализации

Величину зазора между упорной поверхностью раструба и торцом соединяемой трубы следует принимать для железобетонных и бетонных безнапорных раструбных труб диаметром свыше 700 мм 15 – 18 мм.

Стыковые соединения труб, поставляемых без резиновых колец, следует уплотнять пеньковой смоляной или битуминизированной прядью, или сизальской битуминизированной прядью с заделкой замка асбестоцементной смесью, а также полисульфидными (тиоколовыми) герметиками. Отклонения по глубине заделки пряди и замка не должны превышать ± 5 мм.

Зазоры между упорной поверхностью раструбов и торцами труб в трубопроводах диаметром 1000 мм и более следует изнутри заделывать цементным раствором. Марка цемента определяется проектом.

Герметизацию стыковых соединений фальцевых безнапорных железобетонных и бетонных труб с гладкими концами следует производить в соответствии с проектом.

4.3. Техника безопасности и охрана труда

Изоляционные работы. При выполнении изоляционных работ (гидроизоляционных, теплоизоляционных, антикоррозионных) с применением огнеопасных материалов, а также выделяющих вредные вещества следует обеспечить защиту работающих от воздействия вредных веществ, а также от термических и химических ожогов.

Битумную мастику следует доставлять к рабочим местам, как правило, по битумопроводу или при помощи грузоподъемных машин. При необходимости перемещения горячего битума на рабочих местах вручную следует применять металлические бачки, имеющие форму усеченного конуса, обращенного широкой частью вниз, с плотно закрывающимися крышками и запорными устройствами.

Котлы для варки и разогрева битумных мастик должны быть оборудованы приборами для замера температуры мастики и плотно закрывающимися крышками. Загружаемый в котел наполнитель должен быть сухим. Недопустимо попадание в котел льда и снега. Возле варочного котла должны быть средства пожаротушения.

Для подогрева битумных составов внутри помещений не допускается применять устройства с открытым огнем.

Земляные работы. До начала производства земляных работ в местах расположения действующих подземных коммуникаций должны быть разработаны и согласованы с организациям, эксплуатирующими эти коммуникации, мероприятия по безопасным условиям труда, а расположение подземных коммуникаций на местности обозначено соответствующими знаками или надписями [23].

При обнаружении взрывоопасных материалов земляные работы в этих местах следует немедленно прекратить до получения разрешения от соответствующих органов.

Перед началом производства земляных работ на участках с возможным патогенным заражением почвы (свалка, скотомогильники, кладбища и т.п.) необходимо разрешение органов Государственного санитарного надзора.

Места прохода людей через траншеи должны быть оборудованы переходными мостиками, освещаемыми в ночное время.

Грунт, извлеченный из котлована или траншеи, следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки выемки.

Разрабатывать грунт в котлованах и траншеях «подкопом» не допускается.

Валуны и камни, а также отслоения грунта, обнаруженные на откосах, должны быть удалены.

Крутизна откосов выемок глубиной более 5 м во всех случаях и глубиной менее 5 м при гидрогеологических условиях и видах грунтов должна устанавливаться проектом.

При установке креплений верхняя часть их должна выступать над бровкой выемки не менее чем на 15 см.

Устанавливать крепления необходимо в направлении сверху вниз по мере разработки выемки на глубину не более 0,5 м.

Разборку креплений следует производить в направлении снизу вверх по мере обратной засыпки выемки.

Прогреваемую площадь следует ограждать, устанавливать на ней предупредительные сигналы, а в ночное время освещать. Расстояние между ограждением и контуром прогреваемого участка должно быть не менее 3 м.

На участках прогреваемой площади, находящихся под напряжением, пребывание людей не допускается.

Линии временного электроснабжения к прогреваемым участкам грунта надлежит выполнять изолированным проводом, а после каждого перемещения электрооборудования и перекладки электропроводок следует визуально проверять их исправность.

Монтажные работы. На участке (захватке), где ведутся монтажные работы, не допускается выполнение других работ и нахождение посторонних лиц.

При возведении зданий и сооружений запрещается выполнять работы, связанные с нахождением людей в одной секции (захватке, участке) на этажах (ярусах), над которыми производятся перемещение, установка и временное закрепление элементов сборных конструкций или оборудования.

Способы строповки элементов конструкций и оборудования должны обеспечивать их подачу к месту установки в положении, близком к проектному.

Запрещается подъем сборных железобетонных конструкций, не имеющих монтажных петель или меток, обеспечивающих их правильную строповку и монтаж.

Очистку подлежащих монтажу элементов конструкций от грязи и наледи следует производить до их подъема.

Строповку конструкций и оборудования следует производить грузозахватными средствами, удовлетворяющими требованиям, обеспечивающим возможность дистанционной расстроповки с рабочего горизонта в случаях, когда высота до замка грузозахватного средства превышает 2 м.

Расчалки для временного закрепления монтируемых конструкций должны быть прикреплены к надежным опорам (фундаментам, якорям и т.п.). Количество расчалок, их материалы и сечение, способы натяжения и места закрепления устанавливаются проектом производства работ. Расчалки должны быть расположены за пределами габаритов движения транспорта и строительных машин. Расчалки не должны касаться острых углов других конструкций. Перегибание расчалок в местах соприкосновения их с элементами других конструкций допускается лишь после проверки прочности и устойчивости этих элементов под воздействием усилий от расчалок.

Для перехода монтажников с одной конструкции на другую следует применять инвентарные лестницы, переходные мостики и трапы, имеющие ограждение.

Установленные в проектное положение элементы конструкций или оборудования должны быть закреплены так, чтобы обеспечивалась их устойчивость и геометрическая неизменяемость.

Не допускается выполнять монтажные работы на высоте в открытых местах при скорости ветра 15 м/с и более при гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ. Работы по перемещению и установке вертикальных панелей и подобных им конструкций с большой парусностью следует прекращать при скорости ветра 10 м/с и более.

Не допускается нахождение людей под монтируемыми элементами конструкций и оборудования до установки их в проектное положение и закрепления.

При надвижке (передвижке) конструкций и оборудования лебедками грузоподъемность тормозных лебедок и полиспастов должна быть равна грузоподъемности тяговых, если иные требования не установлены проектом.

Монтаж конструкций каждого последующего яруса (участка) здания или сооружения следует производить только после надежного закрепления всех элементов предыдущего яруса (участка) согласно проекту.

При монтаже оборудования должна быть исключена возможность самопроизвольного или случайного его включения.

При перемещении конструкций или оборудования несколькими подъемными или тяговыми средствами должна быть исключена возможность перегруза любого из этих средств.

При спуске конструкций или оборудования по наклонной плоскости следует применять тормозные средства, обеспечивающие необходимое регулирование скорости спуска.

Монтаж узлов оборудования и звеньев трубопроводов и воздухопроводов вблизи электрических проводов (в пределах расстояния, равного наибольшей длине монтируемого узла или звена) должен производиться при снятом напряжении.

Испытание оборудования. Испытание смонтированного оборудования должно производиться в соответствии с требованиями правил и инструкций, утвержденных органами Государственного надзора, а также инструкций заводов-изготовителей по эксплуатации данного оборудования.

Перед испытанием оборудования необходимо:

- руководителю работ ознакомить персонал, участвующий в испытаниях, с порядком проведения работ и с мероприятиями по безопасному их выполнению;

- предупредить работающих на смежных участках о времени проведения испытаний;

- провести визуальную, а при необходимости с помощью приборов проверку крепления оборудования, состояния изоляции и заземления электрической части, наличия и исправности арматуры, пусковых и тормозных устройств, контрольно-измерительных приборов и заглушек;

- оградить и обозначить соответствующими знаками зону испытаний;

- установить аварийную сигнализацию (при необходимости);

- обеспечить возможность аварийного выключения испытываемого оборудования;

- проверить отсутствие внутри и снаружи оборудования посторонних предметов;

- обозначить предупредительными знаками временные заглушки, люки и фланцевые соединения;

- установить посты из расчета один пост в пределах видимости другого, но не реже чем через каждые 200 м друг от друга для предупреждения об опасной зоне;

- определить места и условия безопасного пребывания лиц, занятых испытанием;

- привести в готовность средства пожаротушения и обслуживающий персонал, способный к работе по ликвидации возможного пожара;
- обеспечить освещенность рабочих мест не менее 50 лк;
- определить лиц, ответственных за выполнение мероприятий по обеспечению безопасности, предусмотренных программой испытаний.

Осмотр оборудования должен производиться после снижения испытательного давления до рабочего.

При продувке оборудования и трубопроводов после испытания перед открытыми люками и штуцерами должны быть установлены защитные ограждения (экраны).

При выполнении наладочных работ на вновь смонтированной электроустановке рабочее напряжение на нее может быть подано эксплуатационным персоналом только после введения на электроустановке эксплуатационного режима и при наличии письменной заявки руководителя наладочных работ.

Допускается временная подача напряжения ниже 1000 В для проведения наладочных работ по постоянной схеме на щиты, станции управления и силовые сборки, на которых не введен эксплуатационный режим, но в этом случае обязанности по выполнению мероприятий, обеспечивающих безопасные условия труда при поданном напряжении, возлагаются на руководителя наладочных работ.

При пневматических испытаниях наружных трубопроводов водоснабжения, канализации, теплоснабжения (далее трубопроводов), помимо вышеизложенных требований, следует соблюдать требования правил производства и приемки работ, а также правил Госгортехнадзора. Не допускается производить пневматические испытания трубопроводов на эстакадах, в каналах и лотках, где уложены действующие трубопроводы.

На время проведения пневматического испытания трубопроводов, находящихся в траншеях, должна быть установлена опасная зона. Нахождение лиц в опасной зоне в период нагнетания в трубопровод воздуха и при выдерживании трубопровода под давлением при испытании на прочность не допускается.

Контрольные вопросы

1. Какова технологическая последовательность строительства ливневой канализации?
2. Что такое ведущая машина?
3. От чего зависит крутизна откосов траншей при строительстве ливневой канализации?
4. Для чего необходима ручная доработка грунта в траншее?
5. Какие виды оснований устраиваются под тело трубы и от чего они зависят?

6. Из каких соображений выбирают кран для монтажа труб?
7. Как заделываются стыки между трубами? какие материалы при этом используются?
8. В чем заключается гидравлическое испытание ливневой канализации?
9. Какие способы засыпки труб вы знаете?
10. Какой требуемый коэффициент уплотнения при уплотнении грунтов в траншеи?
11. Что входит в калькуляцию трудовых затрат?
12. Какие машины и оборудование используются при строительстве ливневой канализации?
13. Рабочие каких специальностей используются при строительстве ливневой канализации?
14. Контроль качества при строительстве ливневой канализации?
15. Какова техника безопасности при строительстве ливневой канализации?

5. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ. ГАЗОСНАБЖЕНИЕ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

5.1. Общие понятия о теплоснабжении

Комплекс сооружений и устройств для выработки тепла, его транспортирования и потребления называется централизованным теплоснабжением. В крупных городах источником теплоснабжения являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), на которых вырабатывается электроэнергия, а отработанный пар используется для нужд теплоснабжения. Способ одновременной выработки электроэнергии и тепла называется *комбинированным*, а система централизованного теплоснабжения – *теплофикацией* [15].

Теплофикация является способом наиболее четкой и индустриальной организации теплоснабжения и одним из основных методов повышения экономичности тепловых электростанций. Строительство крупных котельных для теплоснабжения менее экономично и производится только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Различают две системы централизованного теплоснабжения: теплофикацию и районное теплоснабжение. В первом случае получение тепла осуществляется от ТЭС, во втором – от крупных котельных.

По виду теплоносителя системы централизованного теплоснабжения разделяются на водяные и паровые. В настоящее время для бытовых нужд чаще используют водяное теплоснабжение, т.к. в этом случае потребитель обеспечивается и горячей водой.

Сети (системы) теплоснабжения могут быть одно-, двух-, трёх- и четырёхтрубными. При однетрубной системе теплоноситель от объекта, потребляющего тепло, не возвращается к источнику: он или полностью расходуется на объекте или избыток сбрасывают в канализационные сети.

Двухтрубная система горячего водоснабжения имеет основную трубу-подающую и вспомогательную – обратную. Комбинация этих систем даёт трёх- и четырёхтрубную системы. Чаще применяют двухтрубную систему, однако при значительной длине теплопровода бывает целесообразным и однетрубная система.

5.2. Устройство тепловых сетей

Для устройства теплопроводов применяют, как правило, бесшовные стальные горячекатаные трубы диаметром 32 – 426 мм. При прокладке теплопроводов в местах, не доступных для ремонта и осмотра, допускается использование газовых усиленных труб со сварным швом.

Стальные трубы соединяются с помощью сварки, а арматура крепится к ним на фланцевых соединениях.

Самым существенным недостатком стальных труб является их подверженность коррозии как с внешней, так и с внутренней стороны. Кроме стальных для сооружения теплопроводных сетей в последнее время стали применять асбоцементные трубы. Их использование сопряжено с определёнными трудностями из-за повышенной хрупкости асбоцементных труб, а также в связи с потребностью в повышенной герметичности тепловых сетей и их эластичностью при работе при повышенных температурах. Основное преимущество асбоцементных труб – высокая коррозионная стойкость.

Компенсаторы. При движении теплоносителя с высокой температурой по трубам в их стенках возникают напряжения, которые вызываются тепловым удлинением или укорачиванием труб. Для компенсации тепловых деформаций обычно используют повороты и изгибы трубопроводов, а при их отсутствии устраивают компенсаторы. Наибольшее распространение получили сальниковые и гнутые компенсаторы (рис. 5.1).

Сальниковые компенсаторы рекомендуются при давлении в сети не более 1,2 МПа. Эти компенсаторы имеют малые габариты, но требуют периодического обслуживания для поддержания герметичности сальника. Сальниковые компенсаторы устанавливают только в колодцах на прямолинейных участках. Компенсирующая способность таких устройств равна 100 – 400 мм.

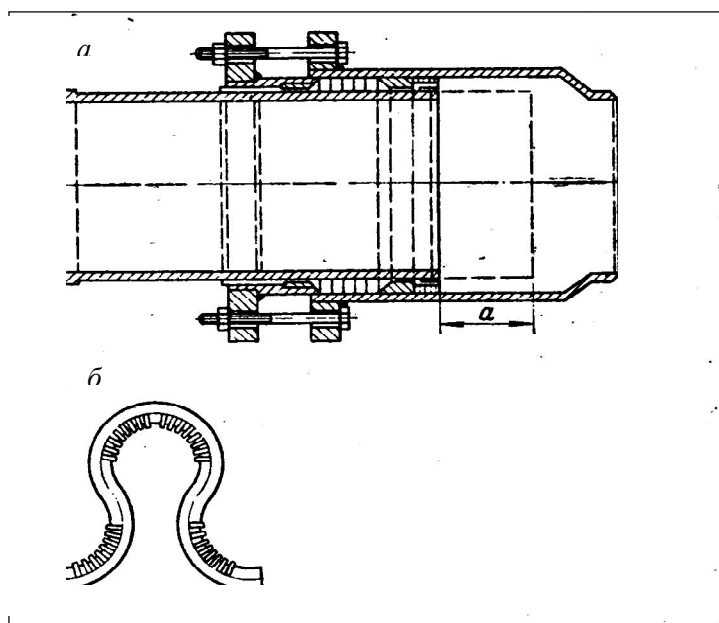


Рис. 5.1. Схемы компенсаторов: *а* – сальниковые; *б* – гнутые

Гнутые компенсаторы получили более широкое распространение. Преимущества этих компенсаторов: возможность установки вне камер, высокая надежность, недостатки – повышенное гидравлическое сопротивление, большие габариты, значительное удлинение сети.

Камеры. В камерах, устанавливаемых на тепловых сетях, размещают компенсаторы и различную запорно-регулирующую арматуру – задвижки, обратные клапаны и пр. Конструкция и размер камер отличаются многообразием. Их выполняют из монолитного и сборного железобетона, реже из бетона или кирпича. Камеры с задвижками устраивают через 500 – 1000 м, а с компенсаторами – через 140 – 200 м.

Способы прокладки сетей. Тепловые сети прокладывают под землей или над поверхностью земли. В городах (за исключением производственных районов и окраин) допускают только подземную прокладку сетей. Подземные прокладки ведут: а) бесканальным способом; б) в полупроходных каналах; в) в проходных каналах. Тепловые сети должны иметь надежное тепло и надежную гидроизоляцию. В противном случае тепловые потери только от поверхности труб увеличиваются в 5 – 10 раз.

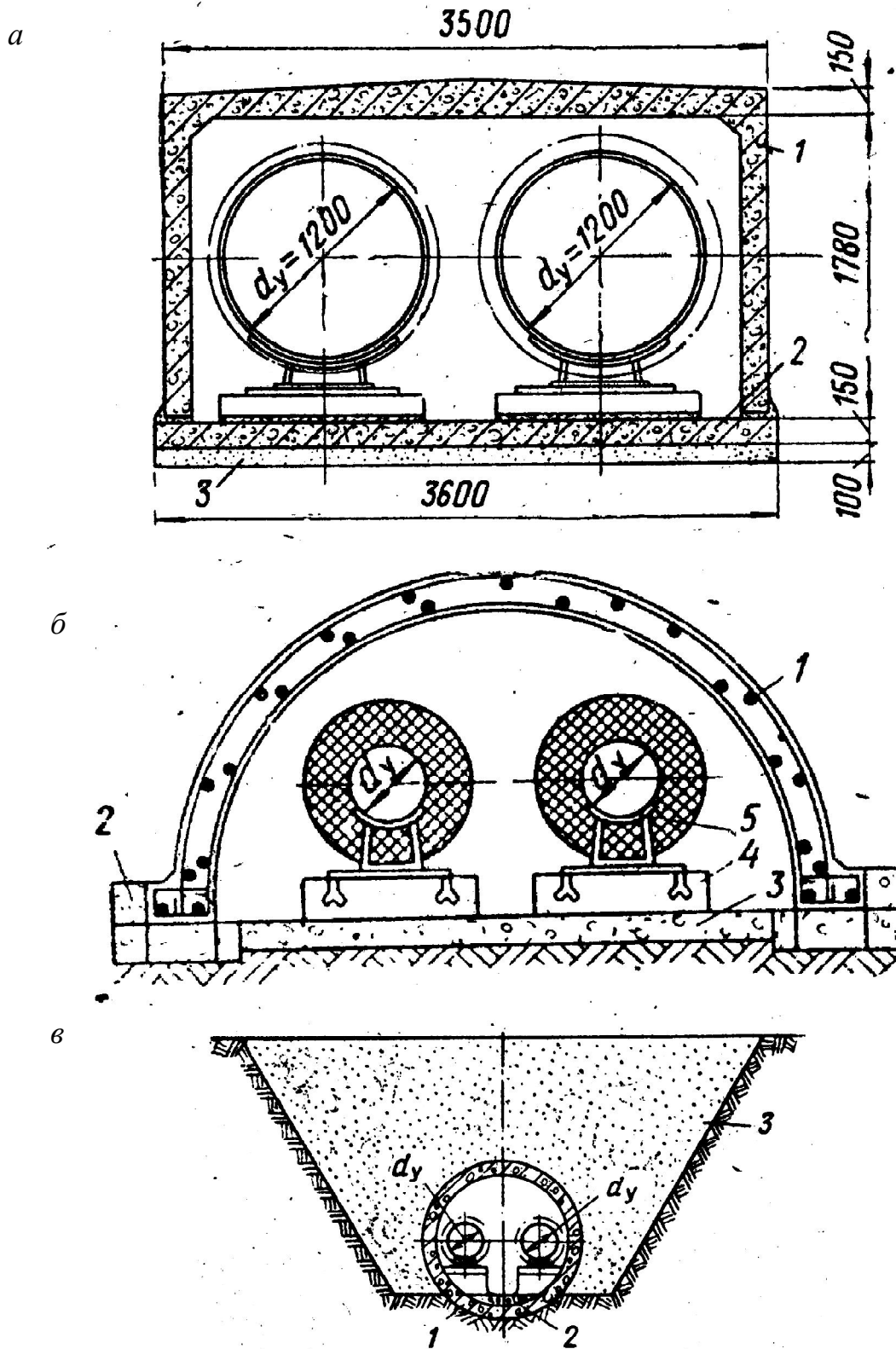


Рис. 5.2. Конструкции каналов: *а* – канал рамной конструкции: 1 – железобетонная рама; 2 – плита-днище; 3 – песок; *б* – сводчатый канал: 1 – железобетонный свод; 2 – бетонный фундамент; 3 – бетонная плита; 4 – опорные плиты; 5 – опоры теплопровода; *в* – полупроходной канал: 1 – железобетонная труба; 2 – бетонный пол; 3 – песчаная засыпка

Бесканальная прокладка получила в последнее время широкое распространение, т.к. на 25–35% дешевле, чем в непроходных каналах. При этом типе прокладки тепловая изоляция непосредственно соприкасается с грунтом, поэтому она должна быть прочной и водонепроницаемой. Конструкции изоляции тепловых сетей в этом случае могут быть набивными, литыми, сборно-литыми и сборно-блочными. Хорошие результаты дает теплоизоляция трубопроводов пенобетоном. Трубы могут покрываться этим материалом или непосредственно в траншее с передвижной опалубкой, или на заводе; в последнем случае повышается индустриальность строительства, т.к. на месте приходится теплоизолировать только стыки. Эта работа выполняется скорлупами из пенобетона.

Вместо гидрозащиты поверхность теплоизолированных тепловых сетей можно засыпать хорошо фильтрующими каменными материалами или покрывать скорлупами из крупнопористого бетона.

Прокладка тепловых сетей в каналах. Конструкции каналов могут быть непроходными, полупроходными и проходными (туннели).

Непроходные каналы используются довольно часто, они бывают прямоугольными, цилиндрическими, сводчатыми и пр. (рис. 5.2). Непроходные каналы из кирпича сейчас применяют только при малых объемах строительства.

Полупроходные каналы применяют для прокладки тепловых сетей в пределах городских проездов с усовершенствованными покрытиями. В полупроходных каналах без вскрытия дорожной одежды можно не только проводить эксплуатационные работы, но и частично заменять поврежденные трубы (рис. 5.2, в).

Прокладку в проходных каналах применяют главным образом на территориях промышленных предприятий и на выводах теплопроводов от мощных ТЭЦ. Конструкция проходного канала зависит главным образом от принятого метода производства работ. При закрытом способе сооружаются каналы круглого сечения. При открытом способе производства работ широко применяются каналы прямоугольного поперечного сечения.

5.3. Газоснабжение

Общие сведения о газоснабжении городов. Сейчас наша страна получает 85–90% природного газа из Тюменской области. Наиболее крупные месторождения – города Надым, Уренгой, Ямбург. Имеются запасы природного газа на севере Омской области. Система газоснабжения города природным газом включает в себя газовый промысел (ГП), магистральный газопровод (МГ), компрессорные станции (КС), газораспределительную станцию (ГРС), газопроводы города: высокого давления (ГВД), среднего

давления (ГСД) и низкого давления (ГНД), а также газораспределительные пункты (ГРП) [15].

Газообразное топливо представляет собой смесь нескольких газов; основную часть составляют горючие газы (метан, этан, пропан и др.), водород и окись углерода; в остальную часть входят негорючие газы (азот, углекислота и пр.), называемые балластом. Горючие газы добываются из недр земли (природные газы) и из жидкого и твердого топлива путем их термической переработки (искусственные газы).

Состояние газа определяется его объемом, давлением и температурой. Любое состояние может быть приведено к нормальным условиям, т.е. к температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлению 760 мм рт. ст.; объем газа в таком состоянии выражают в нормальных кубических метрах (нм^3).

Для газоснабжения городов используют только газы, теплотворная способность которых больше $3000\text{--}3500\text{ ккал/нм}^3$. Наибольшую ценность для снабжения городов представляют природные газы, состоящие главным образом из углеводородов метанового ряда. Теплотворность этих газов составляет $7500\text{--}8500\text{ ккал/нм}^3$, содержание метана – $75\text{--}85\%$, содержание балласта не превышает 15% . Характерной особенностью природных газов чисто газовых месторождений является их относительно постоянный состав.

Попутные газы нефтяных месторождений имеют теплотворную способность $8000\text{--}15\ 000\text{ ккал/нм}^3$, содержание метана (CH_4) – $44\text{--}93\%$, этана (C_2H_6), пропана (C_3H_8), бутана (C_4H_{10}) – $1\text{--}59\%$, балласта – до 50% . Состав газов нефтегазовых месторождений не постоянен и зависит от природы нефти и пр.

Представителями искусственных горючих газов являются коксохимические, газосланцевые, а также генераторные и доменные газы.

В горючих, особенно в искусственных газах, содержатся вредные примеси. К вредным и ядовитым примесям относятся сероводород, аммиак, цианистые соединения и окись углерода, а также другие вещества. Содержащиеся в газе балластные и вредные примеси вызывают быструю коррозию трубопроводов, приводят к уменьшению сечения трубопроводов и их закупорке. Некоторые виды горючих газов используют в жидком виде, чаще для бытовых нужд.

Все газы должны обладать характерным запахом. Резкий запах позволяет легко обнаружить газ в помещении и принять срочные меры для ликвидации его утечки. Если природный газ не имеет запаха, то ему придают этот запах искусственно (одорируют газ). Характерный запах должен ощущаться при содержании в воздухе даже 1% газа.

Нормы и режимы потребления газа. Газ расходуется коммунально-бытовыми предприятиями и учреждениями, автотранспортом, промышленностью и электростанциями, а также используется для отопления зда-

ний. Потребление газа нормируется СНиПами в ккал на человека в год. Например, для приготовления пищи на газовой плите – 600 тыс. ккал/год чел.; при наличии газовой колонки – 1270 ккал/год чел.

Как население, так и промышленность потребляют газ неравномерно. Особенно неравномерен расход газа на отопление. Максимальное потребление газа происходит с 10 до 18 часов. Особенно резко возрастает расход газа 31 декабря.

Системы газоснабжения. Газовое хозяйство населенных мест состоит из следующих основных сооружений: газораспределительных станций (природный газ) или газовых заводов (искусственный газ), газгольдерных станций, городских подземных распределительных газопроводов различного давления, газорегулирующих пунктов, ответвлений и выходов на объекты, использующие газ, а также из внутриобъектных газопроводов и приборов, использующих газ. Набор тех или иных сооружений может в каждом конкретном случае меняться.

В зависимости от максимального рабочего давления газа газопроводы подразделяют на следующие категории: 1) низкого давления – с давлением газа не более 0,005 МПа; 2) среднего давления – до 0,3 МПа; 3) высокого давления: а) до 0,6 МПа и б) до 1,2 МПа.

Газопроводы низкого давления используются для снабжения газом жилых и общественных зданий, а также мелких промышленных и коммунально-бытовых предприятий. Газовые сети обычно прокладывают в земле. Однако на территориях промышленных предприятий можно применять и надземные прокладки.

Газопроводы, транспортирующие влажный газ, прокладывают ниже уровня промерзания грунта (считая от верха трубы). Для стока и удаления конденсируемой влаги их кладут с уклоном и в нижних точках организуют сбор конденсата. Уклон должен быть не менее 1,5 мм/пог. м. При прокладке нескольких газопроводов в одной траншее расстояние между ними в свету должно быть не менее 0,4 м при диаметре труб до 300 мм и не менее 0,5 м при диаметре более 300 мм. Газопроводы, транспортирующие осушенный газ, прокладывают в зоне промерзания грунта на глубине не менее 0,8 м от поверхности земли до верха трубы на участках и проездах с усовершенствованным покрытием, на участках без усовершенствованных покрытий – не менее 0,9 м до верха трубы. В местах, где нет движения транспорта, она может быть уменьшена до 0,7 м. Не допускается надземная и наземная прокладка газопроводов из полиэтиленовых труб, а также их прокладка в коллекторах.

Устройство газопроводов. В настоящее время для прокладки газовых сетей используют стальные бесшовные и сварные трубы. Трубы из других материалов используют сравнительно редко.

Стальные бесшовные горячекатаные трубы изготавливают диаметром от 57 до 426 мм. Достоинством этих труб является постоянство механических свойств по всему периметру поперечного сечения.

Трубы стальные электросварные изготавливают диаметром от 426 до 1620 мм с толщиной стенки от 7 до 16 мм.

Стальные бесшовные холоднотянутые трубы изготавливают диаметром от 4 до 200 мм и длиной от 1,5 до 9 м.

Величина испытательного давления, на которое проверяются все трубы, предназначенные для работы под давлением, зависит от их диаметра (до 102 мм – 6,0 МПа, более 102 мм – 3,0 МПа).

Стальные газопроводы, прокладываемые под землей, соединяют сваркой. Резьбовые соединения труб и арматуры при подземной прокладке не допускаются.

Запорные устройства служат для прекращения или регулировки расхода газа в трубопроводе. Основные виды запорной арматуры – краны и задвижки.

Задвижки на газопроводах устанавливают или в колодцах, или непосредственно в земле с защитным кожухом. Так как в период эксплуатации в колодцах может скапливаться газ, количество располагаемых в колодце задвижек на сетях низкого давления следует ограничивать. При установке задвижки в земле под колпаком на поверхность выводится узел привода задвижки.

Компенсаторы устанавливаются на газовых сетях с целью снижения напряжений, вызванных температурными колебаниями в трубах и арматуре. На газовых сетях применяют специальные компенсаторы или сальниковые, устанавливаемые на тепловых сетях.

5.4. Электрические сети

Одним из основных элементов генерального плана города является схема его электроснабжения, которая разрабатывается комплексно с учетом развития энергетики всего энергетического района. В соответствии с директивными положениями, города должны снабжаться электроэнергией от энергосистемы и только в исключительных случаях – от отдельных электростанций.

Энергетической системой называется совокупность электростанций, линий электропередач, подстанций и тепловых сетей, связанных в одно целое общностью режима и непрерывностью процесса производства и распределения электроэнергии.

Электрической системой называют часть энергосистемы, состоящую из генераторов, электрических сетей и электроприемников.

Режим потребления электроэнергии зависит от вида потребителя. Кроме того, нагрузка не одинакова по часам суток и меньше летом. Минимум потребности приходится на период от 2 до 5 часов утра, максимум – от 19 до 23 часов. Общую нагрузку энергосистемы оптимально распределяют между отдельными типами электростанций. С этой целью ТЭЦ чаще вырабатывает электроэнергию по тепловому графику, а пиковые нагрузки покрываются за счет ГЭС.

Потери при передаче электроэнергии значительно повышаются при снижении напряжения в сети, поэтому подводы к городам и вводы производятся по линиям электропередач напряжением 110 кВ и выше. Для прокладки сетей высокого напряжения необходимо отчуждение очень широких полос отвода городских территорий. Поэтому глубокие вводы сетей выполняются напряжением 35 кВ и выше, а для снабжения электроэнергией районов используют подземные кабельные линии напряжением 6 – 10 кВ и ниже.

Тяговые электрические сети работают на постоянном токе с нормальным напряжением 550 – 650 В (трамвайные и троллейбусные). Для непосредственного снабжения промышленных и бытовых потребителей электроэнергией строят понижающие подстанции.

Схемы и устройство городских электрических сетей. Отдельные районы города или промышленные предприятия используют, как правило, электроэнергию низкого напряжения – 220 или 380 В. Разводка по потребителям производится по низковольтным электрическим сетям. Эти сети следует выполнять трехфазными, четырехпроводными, с наглухо заземленной нейтралью.

Схема электрической сети города видоизменяется согласно ПУЭ «Правила устройства электроустановок» в зависимости от требуемой степени надежности электроснабжения в соответствии с категорией потребителя.

К первой категории относятся потребители, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, принести значительный ущерб народному хозяйству и вызвать нарушение функций особо важных элементов городского хозяйства. В городах к первой категории относятся группы потребителей с общей нагрузкой более 10 000 кВт, а также электроприемники высотных зданий (лифты, пожарные насосы, аварийное освещение), узлы радиосвязи, телеграф, телефонные станции, противопожарные, водонапорные установки, районные котельные и пр. Сюда же относятся объекты с массовым скоплением людей при искусственном освещении (театры, кино, универмаги, стадионы и т.п.), а также особые лечебные помещения (операционные).

Ко второй категории относятся потребители, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недоотпуском продукции и нарушением нормальной деятельности большого числа городских жителей. Сюда отно-

сятся группы городских потребителей с общей нагрузкой от 300 до 10 000 кВт для кабельных сетей или от 1000 кВт и более для воздушных сетей, все здания высотой более пяти этажей, административно-общественные здания, лечебные и детские учреждения, школы и учебные заведения, а также все жилые дома, оборудованные электроплитами.

Все остальные электропотребители относятся к третьей категории.

Электропотребители первой категории обеспечиваются от двух независимых источников питания с автоматическим включением резерва (АВР) в течение не более 1 с.

Электропотребители второй категории должны иметь надежное электропитание; перерыв в электроснабжении допускается на время, необходимое для ручного переключения на резервное питание (в течение примерно 2 ч).

Для электропотребителей третьей категории допустимы перерывы электроснабжения на время ремонта, но не более чем на сутки. Здесь применяются магистрали без резервирования.

Кабельные линии. Устройство силового кабеля показано на рис. 5.3.

Токопроводящие жилы обычно выполняют из алюминия или меди. В качестве изоляции при напряжении до 35 кВ используют пропитанную маслоканифольным раствором бумагу. При напряжении до 6 кВ применяют также резиновую изоляцию с оболочкой из пластика. В последнее время начинают применять пластмассовую изоляцию. Оболочка из алюминия или свинца защищает изоляцию от влаги и мелких повреждений. Для защиты самих оболочек от механических повреждений поверх них на подоснове из кабельной пряжи устраивают броню из стальных лент, защищенную от химических воздействий битумным покрытием. При прокладке в земле или в воде броню покрывают сверху оболочкой из пропитанного джута

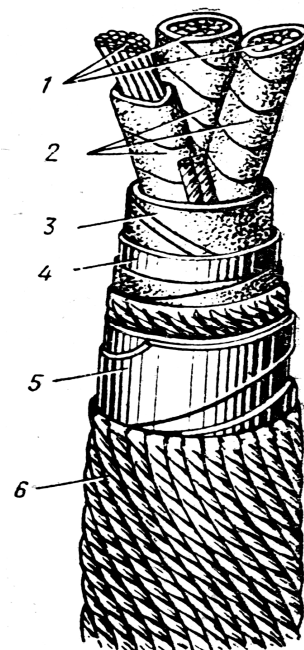


Рис. 5.3. Силовой кабель: 1 – токопроводящие жилы; 2 и 3 – поясная изоляция; 4 – оболочка (алюминиевая или свинцовая); 5 – стальная ленточная броня; 6 – слой кабельной пряжи

Кабели имеют маркировку, указывающую их устройство. Первая буква указывает материал оболочки (С – свинец, А – алюминий). Буква Б обозначает бронированный кабель. Если жилы выполнены из алюминия, то впереди ставят букву А (АСБ, ААБ). Если почва оказывает разрушающее

воздействие на оболочку, то ее покрывают защитным слоем из поливинилхлорида.

Кабели с бумажной изоляцией нельзя подвергать значительным изгибам, при прокладке зимой их следует предварительно разогреть. Если кабель проложен со значительным продольным уклоном, то изолирующая бумага должна иметь специальную пропитку.

В четырех проводных сетях 380/220 В применяют четырехжильные кабели. Их прокладывают под землей по кратчайшему расстоянию по свободной от застройки территории. В обычных условиях глубина заложения кабеля составляет 0,7 м от дневной поверхности. Не рекомендуется прокладывать вместе в одной траншее более шести кабелей. Схема закладки кабелей показана на рис. 5.4.

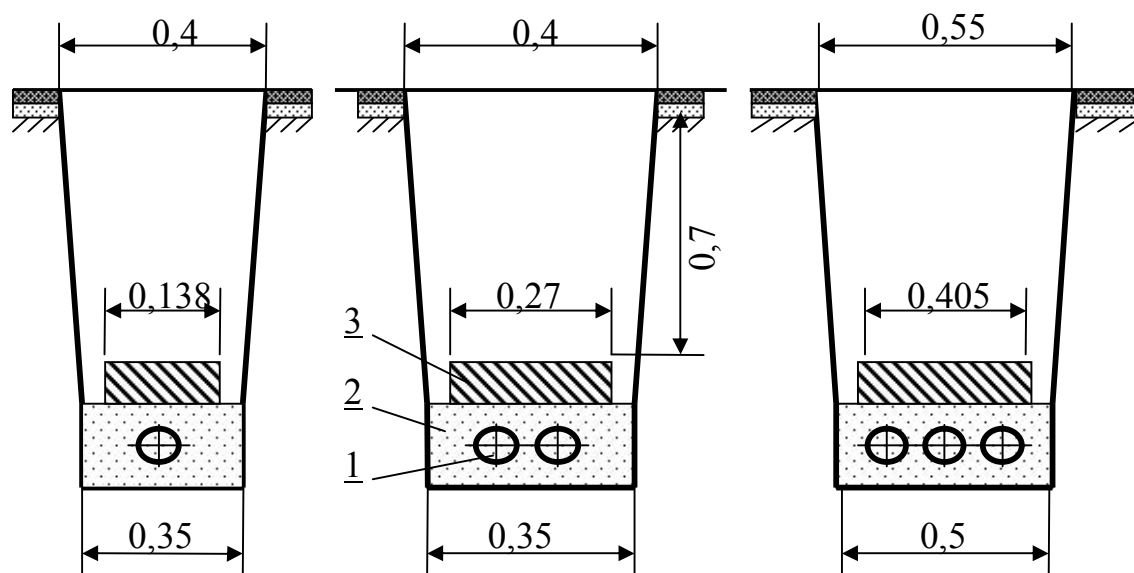


Рис. 5.4. Прокладка кабеля в траншеях: 1 – кабель; 2 – песок или мелкая земля; 3 – кирпич

Кабель укладывают «змейкой» с запасом 1–3%; засыпку траншеи выполняют слоями по 20 см с поливкой водой и трамбовкой. Над подземными кабелями напряжением выше 1000 В предусматривают охранную зону шириной по 1 м в обе стороны от крайних кабелей. В охранной зоне, начиная с глубины 0,4 м, выемку грунта производят только лопатой и в присутствии представителя организации, которая эксплуатирует данный кабель.

При пересечении кабелями улиц, площадей, полотна железных и автомобильных дорог и т.п., а также в тех случаях, когда кабели необходимо сблизить более нормативной величины, кабели прокладывают в трубопроводах из стали, асбоцемента, бетона и пр.

На расстояниях, определяемых пределом возможного протяжения кабеля, на участках изменения направления трассы и т.п. устраивают колодцы. Чаще эти колодцы выполняют из сборного железобетона.

Контрольные вопросы

1. Что такое теплофикация?
2. Какие виды компенсаторов применяют на тепловых сетях?
3. Какие трубы используют на тепловых сетях?
4. Какие существуют способы прокладки тепловых сетей?
5. Какие виды теплоизоляции труб на тепловых сетях существуют?
6. Какова глубина заложения без канальных тепловых сетей?
7. Какова глубина заложения канальных тепловых сетей?
8. Каковы нормы газопотребления?
9. Какие трубы используют для прокладки газопроводов?
10. Какие потребители электроэнергии относятся к первой, второй и третьей категориям по степени надежности?
10. Что означают буквы при маркировке кабельных сетей (С, А, Б)?
11. Какова минимальная глубина заложения кабельных сетей?

6. ВОДООТЛИВ И Понижение Уровня Грунтовых вод при строительстве инженерных сетей

6.1. Водоотлив

Наличие воды в траншее при расположении её дна ниже уровня грунтовых вод не только затрудняет прокладку подземных инженерных сетей, но иногда вообще исключает возможность ведения работ по устройству оснований, укладке труб и особенно заделке стыковых соединений.

Водоотлив используют при незначительном притоке грунтовой воды в котлован или траншею. Для предотвращения накопления воды в траншее применяют в зависимости от величины притока грунтовых вод и водоотдачи грунтов способ открытого водоотлива. Откачиваемую воду сбрасывают в дождеприемные колодцы существующей водосточной сети или в водоотводные каналы.

Открытый водоотлив. При этом способе поступающую в траншею грунтовую воду удаляют насосами (диафрагмовыми или центробежными) непосредственно из приемников.

Марки центробежных насосов [28]:

- Д 200-36 – производительность 200 м³/ч, напор 36 м;
- Д 300-70 – производительность 300 м³/ч, напор 70 м;
- Д 500-65 – производительность 500 м³/ч, напор 65 м.

Насосы многоступенчатые:

- ЦН 400-105 – производительность 2905–00 м³/ч, напор 92–120 м.

Насосы для перекачки воды со взвешенными частицами:

- ГНОМ 10-10 – производительность 10 м³/ч, напор 10 м;
- ГНОМ 100-25 – производительность 100 м³/ч, напор 25 м.

Насосы для перекачки фекальных сточных вод:

- ✓ СДВ 1000/25 – динамический для стока жидкостей вертикально;
- ✓ ФГ 75-144/12 – фекальный для стока жидкостей горизонтально.

Приемники располагают по длине траншеи на расстоянии 20–25 м в хорошо размываемых грунтах и 20–50 м – в более устойчивых грунтах. По дну траншеи устраивают лоток из досок и деревянные ящики размером 0,8–1,0 м. Из этих приемников в течение всего срока строительства насосами откачивают воду. По окончании строительства ящики в приемниках заменяют водосборными колодцами более надежной конструкции. Эти колодцы располагают в пониженных местах траншеи.

Горизонт воды в водосборных колодцах поддерживают на 0,4–0,5 м ниже уровня дна траншеи. Достоинство такого способа водоотлива – это простота организации работ. Недостатками открытого водоотлива являются: неизбежный приток воды в траншею; разрыхление и ослабление несущей способности грунта в траншее из-за непрерывной фильтрации воды; вынос водой грунта с боковых стенок траншеи, что может привести к обвалу грунта; необходимость крепления боковых стенок траншеи.

В случае, когда приток грунтовых вод более значительный, особенно в песчаных грунтах, отрытый водоотвод даже при шпунтовом ограждении не позволяет достигнуть желаемого результата, т.е. возможности производить работы в сухих условиях. В этом случае применяют различные способы осушения или закрепления грунтов. Среди этих способов наибольшее распространение получили [24]:

- искусственное водопонижение уровня грунтовых вод;
- замораживание грунтов;
- химическое закрепление грунтов.

Выбор того или иного способа работ зависит от конкретных геологических и гидрогеологических условий, наличия материалов, используемых для закрепления грунтов или его замораживания, и определяется в каждом конкретном случае с учетом технико-экономического обоснования.

6.2. Искусственное водопонижение

Одним из наиболее эффективных средств осушения грунтового массива ниже подошвы сооружаемого объекта и предотвращения водопритока в траншею или котлован является искусственное водопонижение уровня грунтовых вод с помощью иглофильтровых установок (рис. 6.1). Этот спо-

соб заключается в том, что в пределах устраиваемой выработки вдоль будущей траншеи погружают в грунт группу вертикальных иглофильтров, из которых непрерывно в течение всего срока строительства подземных сетей откачивают поступающую в них воду. Этот способ используют при строительстве подземных сооружений мелкого заложения открытым способом и в тех случаях, когда уровень грунтовых вод располагается выше подошвы подземного сооружения. При этом по контуру выработки закладывают водопонижающие скважины, располагая их на расстоянии 0,7–1,5 м. Из скважины в течение некоторого времени непрерывно откачивают воду, в результате чего образуется депрессионная поверхность и уровень грунтовых вод оказывается ниже подошвы подземного сооружения, так что строительство ведут в осушенном грунтовом массиве. Радиус и глубина депрессионной воронки зависят от мощности водоносного слоя, коэффициента фильтрации и интенсивности откачки. Водопонижающие установки должны работать весь период строительства подземного сооружения, обеспечивая постоянный уровень грунтовых вод.

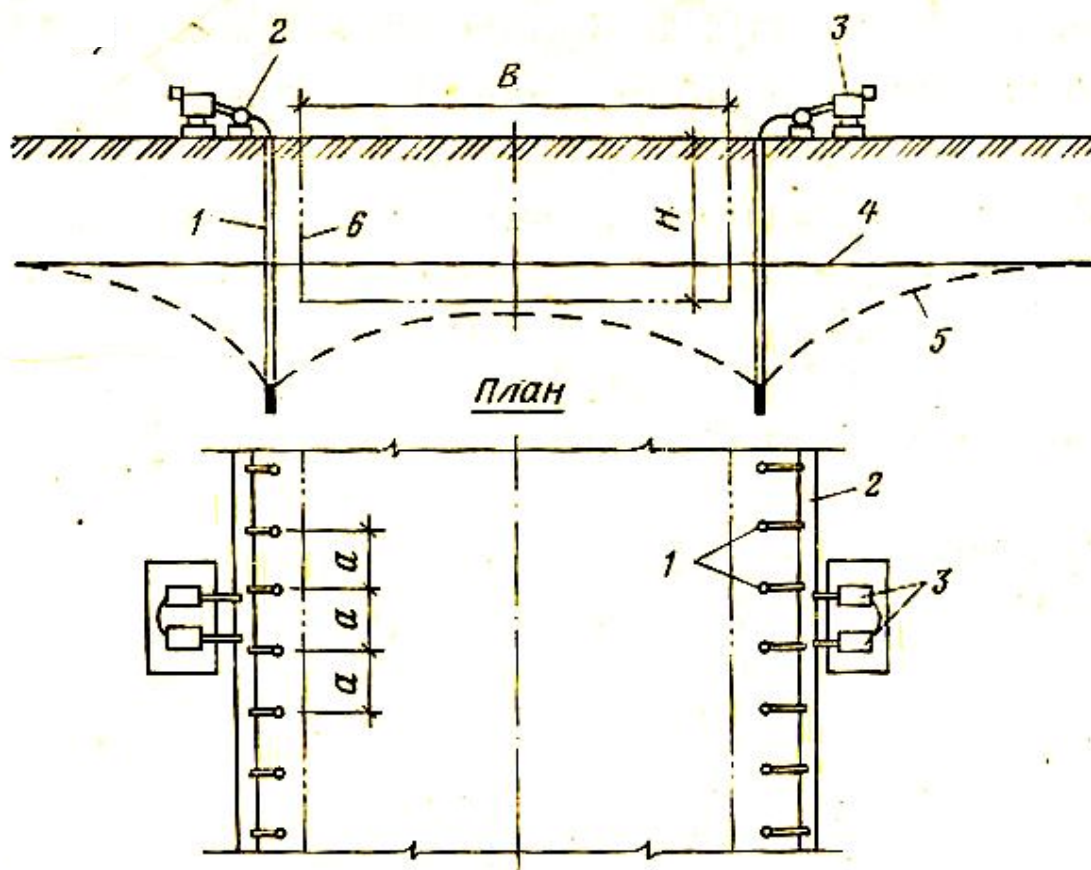


Рис. 6.1. Схема искусственного водопонижения: 1 – иглофильтры; 2 – коллектор; 3 – насос; 4 – УГВ; 5 – депрессионная кривая; 6 – контур выработки

Искусственное понижение грунтовых вод можно принимать в довольно широком диапазоне грунтовых условий при различной степени водоотдачи грунтов, однако наиболее эффективным этот способ оказывается в несвязных грунтах с коэффициентом фильтрации от 0,3 до 100 м/сут.

Основные параметры водопонижения: глубина и диаметр скважины; расстояние между ними; тип и производительность насосной установки. Для расчета используют инструкцию по проектированию и производству работ по искусственному понижению уровня грунтовых вод [28].

$$R = 575S\sqrt{H \cdot K} \cdot A = \sqrt{\frac{F}{\Pi}}, \quad (6.1)$$

где Π – радиус приведенного круга; F – площадь котлована.

$$q = \frac{1,36(2H - S)SK}{\lg R - \lg A}, \quad (6.2)$$

где H – мощность водонасыщенного пласта; S – глубина понижения уровня грунтовых вод; K – коэффициент фильтрации грунта; R – радиус влияния водопонижения.

6.3. Технология водопонижения

В зависимости от глубины заложения подземного сооружения, фильтрационных свойств грунтов применяют различные способы водопонижения.

Для осушения грунтов с коэффициентом фильтрации от 1 до 50 м/сут применяют легкие иглофильтровые установки: ЛИУ-3, ЛИУ-5, ЛИУ-6 (табл. 6.1), ПВУ-1, ПВУ-2.

Таблица 6.1

Технические характеристики иглофильтров

Иглофильтровая установка	Производительность, м ³ /ч; напор, м	Количество иглофильтров, шт.	Мощность, кВт
ЛИУ-3	30; напор – 25	24	5,5
ЛИУ-5	60; напор – 25	24	10
ЛИУ-6	120; напор – 40	100	20

Понижение уровня грунтовых вод этими установками производится за счет образования разряжения, обеспечивающего отсос и подъем воды по скважинам.

В состав ЛИУ-3 и ЛИУ-5 входят комплект иглофильтров длиной 8,5 м, всасывающий коллектор диаметром 150 мм и центробежный или вакуумный насос производительностью от 30 до 120 м³/ч, создающий напор до 40 м (рис. 6.2).

Иглофильтры состоят из отдельных звеньев стальных труб диаметром 38–42 мм, оснащенных в нижней части фильтровым звеном длиной около 1 м с зубчатым наконечником из коронки и шарового клапана. Иглофильтры погружают в несвязные грунты виброспособом или гидродождением при давлении 0,3–0,5 МПа и расходе воды до 20–40 м³/ч.

Если грунты плотные, иглофильтры опускают в заранее пробуренные скважины. Фильтровую часть погружают не менее чем на 0,6 м ниже дна котлована, а при наличии иглофильтров только с одной стороны подземной выработки не менее чем на 1–1,25 м. Легкие иглофильтровые установки имеют небольшую массу и габариты. Применяя их, можно снизить уровень подземных вод до 4–4,5 м (от оси насоса). В случае необходимости более глубокого водопонижения иглофильтры можно устанавливать в несколько ярусов.

В грунтах с коэффициентом фильтрации 0,05 – 2 м/сут в пылеватых и глинистых грунтах применяют вакуумирование с помощью водопонижающих скважин. Установки вакуумного водопонижения типа УВВ-2 обеспечивают вакуум порядка 0,04–0,06 МПа в приемных звеньях иглофильтров.

Глубокий и устойчивый вакуум способствует более интенсивному притоку воды к скважинам. За счет вакуума можно отсасывать как гравитационную, так и капиллярную воду. Установками УВВ-2 можно понижать уровень грунтовых вод на 6–7 м.

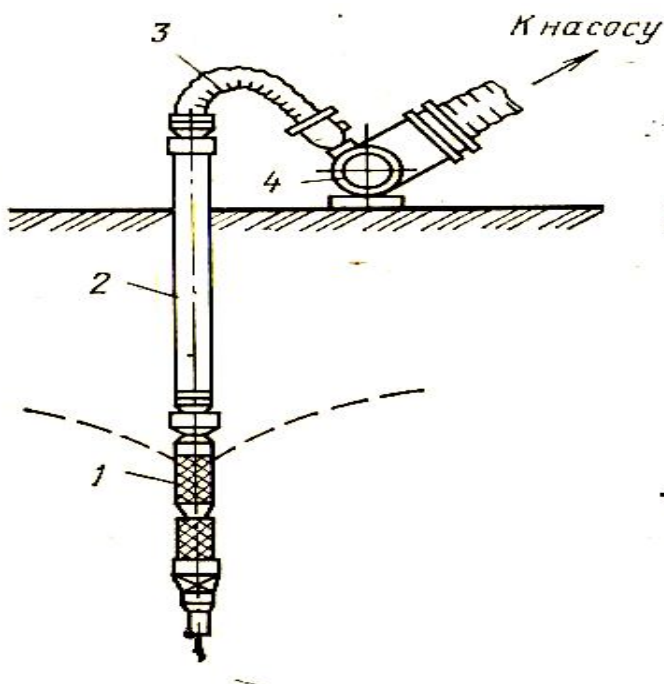


Рис. 6.2. Конструкция иглофильтровой установки: 1 – фильтровое звено; 2 – надфильтровая труба; 3 – патрубок; 4 – всасывающий коллектор

В однородных грунтах с коэффициентом фильтрации более 0,5 м/сут применяют эжекторные установки ЭУ-2,5; ЭУ-4; ЭУ-6. Они состоят из центробежных насосов типов 6НДБ, 8НДБ производительностью от 300 до 500 м³/ч [28].

При осушении мелкозернистых грунтов иглофильтры погружают в пробуренные скважины и засыпают трубу фильтрующим материалом. Центробежным насосом нагнетают воду под давлением 0,7–0,9 МПа, при этом в межтрубном пространстве создается вакуум, интенсифицирующий процесс откачки грунтовых вод. Откачиваемая вода смешивается с нагнетаемой и, поднимаясь по внутренней трубе иглофильтра, поступает в циркуляционный резервуар.

Применяя эжекторные установки, можно понизить уровень грунтовых вод до 18–20 м. В грунтах с низкой степенью водоотдачи могут оказаться эффективными вакуум-эрлифтные установки, сочетающие принцип вакуума и эрлифта. Такие установки применяются при водопонижении до 20 м и более.

Для одноярусного понижения уровня грунтовых вод в гравелистых отложениях находят применение водопонижающие скважины диаметром до 200–400 мм с погруженными глубинными насосами. Вначале в пробуренные с шагом 5–15 м скважины опускают трубчатые фильтры и извлекают обсадные трубы, которые изготавливают из перфорированных стальных, асбоцементных или пластмассовых труб диаметром 20–350 мм. По наружной поверхности трубы обматывают нержавеющей проволокой.

В слабопроницаемых грунтах, содержащих около 15–20% глинистых частиц, с коэффициентом фильтрации менее 0,05 м/сут целесообразно применять электроосмотическое водопонижение. В чем его сущность? К водопонижающим скважинам, оборудованным электрофильтрами, подводят постоянный электрический ток (отрицательный полюс), а между скважинами в шахматном порядке через 0,6–1,0 м забивают в грунт стальные трубы-аноды, соединяя их с положительным полюсом источника тока. Трубы располагают в 1,5 м от бровки котлована, погружая их на одинаковую глубину от иглофильтров. Напряжение в сети составляет порядка 50–60 В при плотности тока в 1 А на 1 м² завесы. При включении источника тока происходят электроосмотический отсос и создается дополнительный приток воды к скважинам. При этом дебит возрастает приблизительно в 4 раза.

6.4. Искусственное замораживание грунтов

Искусственное замораживание грунтов применяют в разнообразных инженерно-геологических условиях при наличии пластов водоносных грунтов с коэффициентом фильтрации не более 10 м/сут, а также в трещи-

новатых скальных грунтах, залегающих под толщей неустойчивых водоносных грунтов, с притоком подземных вод более 50 м³/ч.

В настоящее время применяют два способа искусственного замораживания грунтов: рассольный, безрассольный.

Сущность *рассольного способа* заключается в том, что по контуру будущего подземного сооружения забуривают вертикальные наклонные или горизонтальные замораживающие скважины диаметром 120–150 мм, располагая их на расстоянии 0,8–1,5 м. В скважины помещают замораживающие колонки диаметром 114 мм и питающие трубки диаметром 25–37 мм, по которым циркулирует охлажденный до 253–248 К рассол – раствор хлористого кальция (CaCl₂). Иногда в виде хладоносителя используют раствор хлористого натрия, уголекислоту, фреон-30 и др. Вода в порах грунта, окружающая каждую скважину, постепенно замерзает и образует ледогрунтовые цилиндры радиусом 1–1,5 м. Иногда они смыкаются между собой, создавая плотную водонепроницаемую сплошную мерзлотную завесу, под защитой которой ведут работы по проходке подземной выработки.

Рассольный способ замораживания грунтов требует применения сложного оборудования, не всегда обеспечивает сплошность ледяного ограждения. Процесс замораживания длителен.

Безрассольный способ основан на получении холода за счет испарения сжиженных газов непосредственно в замораживающих скважинах. При этом в качестве носителя холода используются жидкий азот, пропан, фреон-12, фреон-22, аммиак. Применяя жидкий азот, имеющий температуру 77 К, можно в несколько раз сократить время замораживания и уменьшить толщину ледяного слоя.

При безрассольном способе отпадает необходимость в использовании специального хладоносителя, сокращается время замораживания, обеспечивается пожаробезопасность. К недостаткам следует отнести большой расход азота (300–1200 кг/м³ грунта) и высокую стоимость работ. Поэтому этот способ применяют при быстрой ликвидации внезапных прорывов воды в подземных выработках.

Толщину ледогрунтовой стенки определяют по формуле

$$\delta = 0,67 \sqrt{\frac{q_{\max}}{\gamma}},$$

где q_{\max} – максимальная интенсивность горизонтального давления грунта и воды на стену; γ – плотность массы грунта.

При строительстве подземных сооружений закрытым способом чаще всего применяют контурное замораживание. Вертикальные или наклонные скважины забуривают с поверхности земли до водоупора вдоль оси выработки для того, чтобы изолировать тоннель от проникновения воды.

Технология работ и применяемое оборудование. Перед замораживанием бурят скважины, затем монтируют трубопроводы и холодильные установки. Для бурения скважин применяют буровые станки типов ЗИФ-650А, УРБ-3АМ и др. Отклонение от проектного положения вертикальных скважин не должно превышать 1%.

При рассольном способе замораживающие рассолы производят на стационарных станциях, в состав которых входят компрессор, конденсатор, испаритель, регулирующий вентиль, насосное оборудование, система трубопроводов и пускорегулирующая аппаратура. Схема замораживания грунтов при прокладке тоннелей под рекой приведена на рис. 6.3.

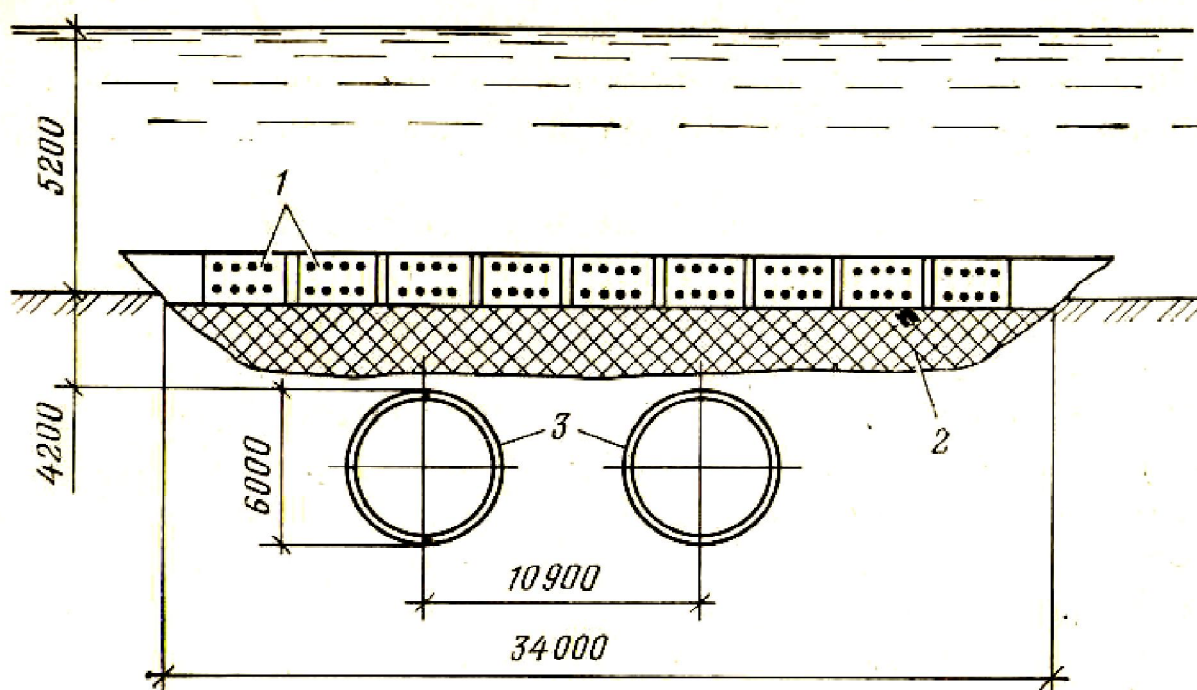


Рис. 6.3. Схема замораживания грунтов при прокладке тоннелей под рекой:
 1 – замораживающие колонки; 2 – ледогрунтовая плита;
 3 – перегонные тоннели

На небольших участках применяют передвижные замораживающие установки типов ПКС-1 и ПКС-2, состоящие из двух аммиачных компрессоров ДАУ-50 на автоприцепах МАЗ-35224.

Контрольные вопросы

1. Когда используется открытый водоотлив?
2. Какова технология открытого водоотлива?
3. Какие существуют способы осушения и закрепления грунтов?
4. Какова технология водопонижения при помощи иглофильтров?
5. Какие иглофильтровые установки используются для водопонижения?

6. Что входит в состав иглофильтровых установок?
7. Какова область применения установок вакуумного водопонижения УВВ-2?
8. Когда применяют водопонижение с помощью эжекторных установок?
9. В каких грунтах применяют водопонижающие скважины?
10. Какова область применения электроосмотического водопонижения?
11. На какую глубину можно понизить уровень грунтовых вод с использованием электроосмоса?
12. Какие существуют способы замораживания грунтов?
13. Какова сущность безрассольного способа замораживания грунтов?
14. Какова сущность рассольного способа замораживания грунтов?
15. В каких случаях применяются способы замораживания грунтов при строительстве инженерных сетей?
16. Какие замораживающие рассолы применяются при замораживании грунтов?

7. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

При строительстве инженерных сетей возникают ситуации, когда необходимо закрепить слабые грунты от размыва водой, предотвратить сползание грунтов, придать грунту прочность и водонерастворимость.

Для защиты от неравномерных осадок фундаментов зданий, расположенных вблизи от строящихся проходных коллекторов или тоннелей метро, получили широкое распространение различные способы химического закрепления грунтов. В настоящее время разработаны следующие способы закрепления грунтов: цементация, глинизация, битумизация, силикатизация, смолизация и электрохимические способы [26].

7.1. Цементация

Цементация грунтов как способ представляет собой заполнение пустот, трещин, крупных пор в крупнообломочных грунтах цементным или цементоглинистым раствором, образующим со временем твердый цементный или цементоглинистый камень.

В результате цементации цементирующими растворами повышается несущая способность основания. Для цементации можно использовать цементные, цементно-песчаные или цементоглинистые растворы. В каждом конкретном случае необходимо выбирать состав раствора, водоцементное отношение (V/C), которое может изменяться от 1 до 0,4.

Водоцементные растворы должны обладать следующими характеристиками:

- подвижность раствора по конусу – 10–14 см;
- водоотделение в течение 2 ч – 0–2%;
- прочность при сжатии $R_{сж}$ в возрасте 28 суток – 1–2 МПа;
- исходная плотность растворов – 1,6–1,85 г/см³.

Цементоглинистые растворы не расслаиваются, водоустойчивы, не размываются водой в период твердения. Прочность тампонажного раствора достигает 1,5–3 МПа.

7.2. Глинизация

Наряду со способом цементации существует способ применения тампонажного раствора в виде чистых глинистых растворов, которыми заполняют карстовые пустоты только для сухих пород. Через пробуренные скважины глинистыми растворами заполняют пустоты, в которых эти растворы находятся в течение нескольких суток под гидравлическим напором. При глинизации применяют глинистые растворы плотностью 1,2–1,3 г/см³ и создают давление более 2 МПа. Вода из глинистых растворов отжимается, обезвоженное глинистое тесто плотно заполняет пустоты и придает породе водонепроницаемость. Для отжима воды из глинистых растворов иногда используют насосы, работающие под напором. Успешное закрепление глинистыми растворами зависит от свойств глины и рецептур. Закреплению лучше поддаются гравелистые трещиноватые грунты с $K_{\phi}=50–500$ м/сут.

7.3. Битумизация

В трещиноватых скальных и полускальных породах применяют для их закрепления способ горячей битумизации. Этот способ состоит в нагнетании через пробуренные скважины расплавленного битума, который обволакивает породу, остывает и придает грунту водонепроницаемость. Остывание битума происходит медленно из-за его слабой теплопроводности. Радиус битумизации колеблется от 0,75 до 1,5 м. При использовании этого способа битум не может заполнить трещины с раскрытием менее 1 мм. Усадка остывшего битума составляет до 12%, что снижает водонепроницаемость. Для придания водонепроницаемости песчаным грунтам разработан способ холодной битумизации с применением битумных эмульсий. При этом частицы битумной эмульсии могут проникать в поры грунта, когда их диаметр в 25–35 раз меньше среднего размера частиц грунта.

7.4. Силикатизация

Метод впервые применен при строительстве Московского метрополитена. Метод основан на нагнетании под давлением через металлическую перфорированную трубу различных силикатных растворов и отвердителей (хлористого кальция и др.). В результате химической реакции между грунтом, силикатными растворами и отвердителем в порах грунта образуется гидрогель кремниевой кислоты, и грунт быстро и прочно закрепляется. Закрепленный грунт обладает также водонепроницаемостью. Существует несколько способов силикатизации: однорастворная, газовая, электросиликатизация.

Однорастворная силикатизация основана на введении в грунт гелеобразующего раствора, состоящего из двух или трех компонентов, с вязкостью, близкой к вязкости воды с замедленным (заранее заданным) временем гелеобразования. Благодаря этим свойствам, раствор может закреплять мелкие пески с коэффициентом фильтрации 0,5–5 м/сутки, сообщая им незначительную механическую прочность (0,2–0,3 МПа) и практическую водонепроницаемость. Способ располагает немалым количеством рецептов закрепляющих растворов. К ним относятся:

- силикатно-фосфорнокислая;
- силикатно-алюмосернокислая;
- силикатно-фтористосернокислая;
- алюмосиликатная.

Из них наиболее широко используется алюмосиликатная. Алюмосиликатные растворы в объеме 68 тыс. м³ были введены в тело противофильтрационной завесы Асуанской плотины.

Особое место среди рецептов занимает силикатно-кремнефтористоводородная. Компонентами закрепляющего раствора являются силикат натрия и кремнефтористоводородная кислота повышенной концентрации (соответственно 1,1 и 1,3 г/см³). Этот способ придает грунту прочность 2,0–4,0 МПа и может быть применен для закрепления мелких песков с целью увеличения их несущей способности и водонепроницаемости. Способ экономичный и эффективный.

Для закрепления лессовидных грунтов и ликвидации просадочных явлений в грунте применяют способ однорастворной силикатизации. В лессовидный грунт вводится раствор силиката натрия плотностью 1,05 – 1,17 г/см³ без отвердителя, поскольку сам грунт является активной средой. В результате взаимодействия силиката натрия с поглощающим комплексом грунта в порах грунта образуется нерастворимая твердая фаза гидроокиси кальция и адсорбированный на нем гель кремнекислоты SiO₂, что придает грунту водонепроницаемость и прочность до 0,6–2,0 МПа.

Газовая силикатизация основана на применении в качестве отвердителя силиката натрия углекислого газа CO_2 . Существует два варианта этого способа:

- без предварительной обработки грунта углекислым газом;
- с предварительной обработкой.

По первому варианту закрепление грунта ведется по схеме: грунт + раствор силиката натрия + CO_2 ; по второму способу: CO_2 + грунт + раствор силиката натрия + CO_2 . Последний вариант более активен, т.к. дает более высокую прочность (до 2,0 МПа) и в 150–500 раз снижает водонепроницаемость грунта. Газовая силикатизация – эффективный и универсальный способ, который позволяет закреплять песчаные грунты с различной степенью влажности, бескарбонатные, карбонатные и загипсованные грунты с коэффициентом фильтрации 0,1–0,2 м/сут.

Электросиликатизация предназначена для закрепления переувлажненных мелкозернистых песков и супесей с коэффициентом фильтрации менее 0,2 м/сут. Она основана на сочетании двух методов воздействия на грунт – силикатизации и электрической обработки. Заключается способ в нагнетании в грунт под давлением через инъекторы закрепляющих силикатных растворов с одновременной подачей к инъекторам, являющимся электродами электрического тока. В результате такого комплексного воздействия на грунт в нем ускоряется продвижение растворов, происходят обезвоживание и агрегация грунта, образование геля кремнекислоты, в результате грунт становится водоустойчивым и прочным ($R_{сж}=0,5–0,8$ МПа). Способ нашел применение в г. Санкт-Петербурге при закреплении слабых грунтов при создании и вскрытии котлованов и траншей.

В области химического закрепления грунтов большое место занимает разработка рецептур тампонажных растворов, предназначенных для закрепления песчаных и песчано-гравелистых пород. Для хорошо проницаемых грунтов ($K_{\phi}=80–500$ м/сут) разработана рецептура цементоглинистых растворов. Эти растворы сравнительно легко перекачиваются насосами, не расслаиваются и дают 100%-ную водонепроницаемость. Для песчаных грунтов изготавливают глинисто-силикатные растворы, т.е. растворы высокодисперсных глин с малой добавкой силиката натрия. Песчаный грунт, закрепленный такими растворами, приобретает водостойкость, водонепроницаемость и небольшую прочность. В последнее время в связи с быстрым развитием химической промышленности стало возможным использовать для закрепления грунтов высокомолекулярные органические соединения – синтетические смолы.

7.5. Смолизация

Синтетические смолы, выпускаемые химической промышленностью, весьма разнообразны. Смолы, которые могут быть использованы для закрепления грунтов, должны обладать невысокой вязкостью и полимеризоваться в порах грунта при температуре 4–10 °С. К таким смолам относятся: мочевиноформальдегидные, карбамидные, фенольные, фуреновые, акриловые, эпоксидные и др. В качестве отвердителей таких смол используются соляная или серная кислоты, однако стоимость смол чрезвычайно высока. Выпускаемые мочевиноформальдегидные смолы по своей цене вполне доступны. Эти смолы хорошо растворяются в воде, имеют малую вязкость, твердеют при невысокой температуре. Способ смолизации заключается так же в нагнетании гелеобразующих растворов, состоящих из раствора смолы и отвердителя, в виде соляной или щавелевой кислоты. Способ создает прочное закрепление, придает грунтам прочность до 4–5 МПа и водонепроницаемость.

Способ смолизации предназначен для закрепления мелких песков с $K_{\phi}=0,5-2,5$ м/сут. В грунт под давлением вводят раствор смолы (карбамидной, фенолформальдегидной и др.), а затем отвердитель (кислоту, кислые соли и др.). Через определенное время в результате взаимодействия смолы с отвердителем начинается процесс полимеризации смолы. Процесс этот протекает в три стадии:

- раствор теряет первоначальную вязкость и начинает густеть;
- переходит в желеобразное состояние;
- переходит в твердое вещество.

Грунт становится водонепроницаемым, прочность достигает 5,0 МПа.

Работы по применению смол в СССР для целей закрепления грунтов были начаты в Ленинградской академии тыла и транспорта, в МХТИ им. Менделеева и НИИ «Нефтегаз». Карбамидные смолы применялись для закрепления грунтов при строительстве дорог и создания водонепроницаемых экранов. Исследованиями по закреплению грунтов смолами в гидротехническом строительстве занимался ВНИИГ им. Веденеева. За рубежом в последние годы для глубинного закрепления грунтов применяют полимерные материалы на основе акриламида.

В нашей стране наибольшее применение нашли мочевиноформальдегидные смолы, они самые дешевые, выпускаются отечественной химической промышленностью, хорошо смешиваются с водой в любых соотношениях, давая при этом растворы с малой вязкостью. При введении отвердителя смолы способны медленно полимеризоваться и закреплять грунт.

При закреплении грунта карбамидными смолами КМ используют в качестве отвердителя соляную кислоту. Проблема закрепления карбонатных грунтов была решена путем использования в качестве отвердителя карба-

мидной смолы – щавелевой кислоты. Разработаны два варианта закрепления карбонатных песков карбамидными смолами: без предварительной обработки грунтов растворами щавелевой кислоты и с предварительной обработкой щавелевой кислотой 2–4%-ной концентрации. В качестве примера разработанных рецептур можно привести следующие составы: 1) смола «Кремнегель М» плотностью $1,15 \text{ г/см}^3$ + 4%-ная щавелевая кислота; соотношение смолы и кислоты – 8:1, время гелеобразования 25 мин; 2) смола «Кремнегель М» плотностью $1,05 \text{ г/см}^3$ + 4%-ная щавелевая кислота; соотношение смолы и кислоты – 8:1; время гелеобразования 50 мин. Разработанный способ использован для закрепления карбонатных грунтов, залегающих под фундаментом памятника Московского Кремля. Таким образом, в настоящее время наметились тенденции по химическому закреплению грунтов с использованием силиката натрия и синтетических смол с отвердителями, в качестве которых используют: хлористый кальций; сернокислый алюминат; хлористое железо; хлористый аммонит; алюминат натрия; сернокислый алюминий; фосфорную кислоту, серную, соляную, щавелевую, кремнефтористоводородную и углекислый газ.

Дальнейшие исследования в этом направлении по химическому закреплению грунтов должны быть направлены по пути изыскания новых эффективных недефицитных отвердителей. Химическое закрепление грунтов целесообразно при строительстве метрополитенов и проходке тоннелей закрытым способом.

7.6. Нагнетание закрепляющих растворов (инъекционный процесс)

Химический процесс закрепления грунтов состоит в нагнетании одного или двух химических растворов в грунт. Растворы в грунт нагнетаются через систему погруженных в грунт инъекторов или пробуренные скважины. Химические растворы, распространяясь в грунте, не только заполняют поры между его частицами, но и, соприкасаясь с поверхностью частиц, вступают с ними в химическую реакцию. Особенно активное взаимодействие происходит в кварцевых песках при закреплении их способами силикатизации.

При химическом закреплении каждая из частиц грунта покрывается слоем цементирующего вещества (кремнегеля). В результате этого близлежащие частицы прочно скрепляются друг с другом, образуя жесткий скелет, способный выдержать большую нагрузку. Радиус закрепления в зависимости от коэффициента фильтрации грунта составляет от 0,3 до 1,0 м соответственно при K_f от 2–5 до 50–80 м/сут. В плане расстояние между инъекторами принимают меньше двух радиусов. Инъекторы размещают в шахматном порядке (рис. 7.1).

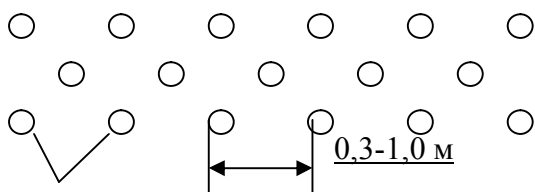


Рис. 7.1. Схема размещения инъекторов

Для получения монолитно закрепленного массива растворы следует нагнетать по заходкам при температуре грунта в зоне закрепления не ниже $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ с нагревом раствора до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Инъектор после нагнетания силикатных растворов необходимо промыть 5 л воды. При газовой силикатизации нагнетание ведут в такой последовательности: углекислый газ, силикатный

раствор, углекислый газ. Углекислый газ нагнетают через пониженный редуктор. Перерыв между нагнетанием раствора и газа не должен превышать 0,5–1 ч, а перерыв между нагнетанием газа и раствора должен быть не менее 0,5 ч.

Для установления предельного давления нагнетания проводят пробные закачки в грунт. Само нагнетание ведут при давлениях, меньших предельного, во избежание разрывов. Давление при двухрастворной силикатизации составляет 1,5 МПа, при однорастворной силикатизации и смолизации – 1,0 МПа. Нагнетание растворов при способе смолизации с предварительной обработкой грунта кислотой ведут в следующей последовательности: сначала вводят раствор кислоты, затем небольшое количество воды (20–30 л) на заходку, а после этого гелеобразующий раствор смолы. Перерыв между нагнетанием кислоты и растворов смолы не должен превышать 1 ч. Чем глубже ведется нагнетание растворов, тем выше поднимается давление. Так, на глубине 12 м оно может составлять 0,06–0,6 МПа, а в верхних зонах 0,04–0,05 МПа.

Длина заходки при закреплении основания под фундаментами зданий не должна превышать пяти радиусов. Нагнетание растворов в этом случае следует вести сверху вниз. При закреплении грунта на глубину до 20 м применяют инъектор, состоящий из наголовника, колонн глухих звеньев труб, перфорированного звена, наконечника и соединительных частей. Для уменьшения уплотнения грунта перфорированное звено имеет меньший диаметр, чем глухие звенья инъектора. Забивку инъекторов на глубину до 20 м можно осуществить с помощью отбойных молотков. Диаметр труб 58–82 мм. Перфорированная часть инъектора имеет длину 1,5–2,0 м. Для заглубления инъекторов используют пневмоударные механизмы, например, бурильный станок с пневмоударником СБУ-100 или НКР-100М или копровые установки. Можно использовать гидравлические спаренные домкраты грузоподъемностью 10 т. При закреплении грунтов для создания противofильтрационной завесы Асуанской плотины скважины забуривали на глубину 50–150 м.

Нагнетание химических растворов в грунт производится с помощью насосов, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь регулируемую подачу от 5 до 20 л/мин;
- обеспечивать давление до 2 МПа;
- иметь детали и узлы, не подверженные коррозии.

Для этих целей используют насосы ПС-4Б, НД и др.

Насос ПС-4Б одноплунжерный. Подача растворов 0,33 м³/ч, масса 47 кг. Насосы НД выпускают марок НД-400/1Б, НД-1000/10, НД-1600/10, НД-2500/10. Первая цифра – подача в л/ч, вторая – давление в 0,1 МПа.

Для подачи тампонажных растворов используют насосы Гр-16/40, Гр-250/50 с подачей 16 и 25 м³/ч и давлением 4–5 МПа.

Контрольные вопросы

1. Какие разработаны способы химического закрепления грунтов?
2. Каковы область применения цементации, рецепты, технология?
3. Какова область применения глинизации? какие грунты закрепляют?
4. Какова область применения горячей битумизации?
5. Какова область применения холодной битумизации?
6. Какова область применения силикатизации?
7. Какие рецепты используются при закреплении грунтов?
8. В чем сущность электросиликатизации?
9. Какие смолы используются при смолязации?
10. Какова технология введения в грунт закрепляющих рассолов?
11. Какое оборудование используется для химического закрепления грунтов?

8. СТРОИТЕЛЬСТВО КОЛЛЕКТОРОВ

8.1. Классификация и конструкции коллекторов

Коллекторы – это трубопроводы большого диаметра, служащие для прокладки различных инженерных сетей. Коллекторы разделяют на непроходные, полупроходные и проходные.

Непроходные коллекторы высотой 0,5–0,6 м сооружают открытым способом довольно часто. Достоинство их по сравнению с трубопроводами общей сети – надежная защита от внешнего влияния. Недостатки: дорогой способ строительства, при этом трудно обнаружить и ликвидировать аварии на сетях.

Полупроходные коллекторы высотой 1,4–1,6 м прокладывают в тех случаях, когда в процесс эксплуатации сетей не допускается вскрытие дорожных покрытий. Недостаток – сложность обслуживания и ремонта.

Проходные коллекторы размером более 1,8–2 м обеспечивают беспрепятственный доступ к ним обслуживающего персонала и служат для размещения в них значительного количества трубопроводов и кабельных сетей различного назначения. По своей форме коллекторы могут быть круглыми, полукруглыми, трапецидальными, эллиптическими, комбинированными, прямоугольными (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Формы поперечных сечений коллекторов: *a* – круглые; *б* – полу круглые; *в* – трапецидальные; *г* – эллиптические; *д* – комбинированные; *е* – прямоугольные

Коллекторы оборудуют приточной вентиляцией. Температура внутри коллектора должна быть менее 30 °С, воздух обменивается 3 раза в час. Одна вентиляционная установка обслуживает участок 200–250 м.

В коллекторах обеспечивается водоотвод с помощью насосных установок.

В коллекторах высотой более 2,5 м допускается напряжение до 127–220 В для их аварийного освещения, рабочее же освещение от напряжения 36 В. Конструкция общего коллектора представлена на рис. 8.2.

При длине коллектора более 1 м следует устраивать диспетчерский пункт. Коллекторы выпускают унифицированного сечения высотой от 1,99 до 3,2 м. Двухсекционный коллектор (рис. 8.3) устраивают при необходимости размещения большого числа различных сетей.

В общих коллекторах размещают коммуникации водопровода, теплопровода, напорной канализации, кабельные сети различного назначения.

Трубопроводы размещают в коллекторе на бетонных или металлических опорах. Кабели на опорах или крючьях – через 0,9 м. Для опускания в коллектор длинномерных труб в верхнем перекрытии коллектора устраивают люки прямоугольного сечения шириной 0,9–1,2 м и длиной 4,5 м через каждые 500 м.

Глубина заложения коллекторов принимается от 1 до 1,2 м от поверхности земли. Наименьшая глубина – 0,5 м, на тротуарах – 0,3 м.

Коллекторы устраивают из сборных железобетонных элементов, стенки коллектора, плиты днища и плит перекрытия.

Плиты днища коллектора монтируют на монолитное железобетонное основание толщиной 10–12 см. Подстилающий слой устраивают из песка и щебня.

Плиты перекрытия покрывают двух или трёхслойной гидроизоляцией из гидроизола. Толщина гидроизоляции составляет т 30–40 мм.

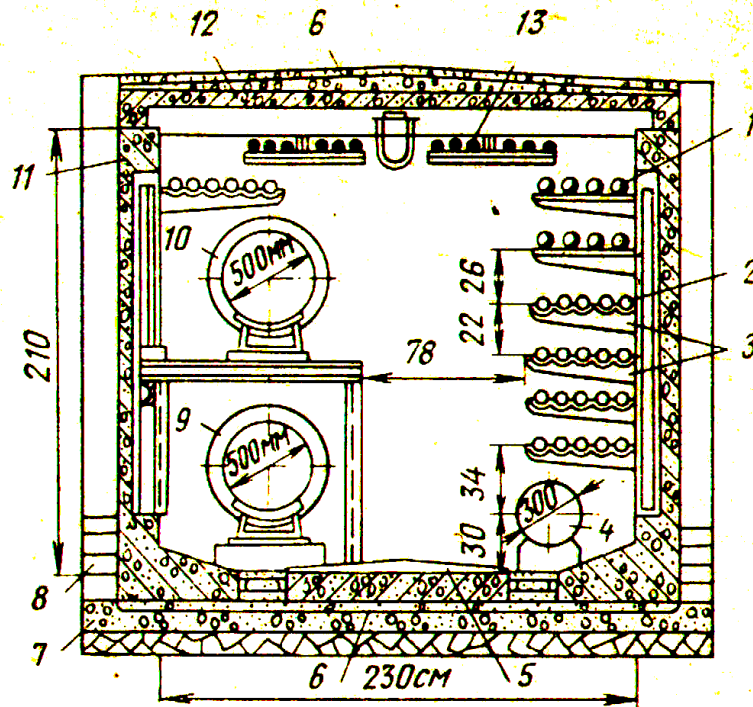


Рис. 8.2. Поперечное сечение общего коллектора для подземных сетей: 1 – электрокабели; 2 – кабели связи; 3 – кронштейны; 4 – водопровод; 5 – железобетонный блок дна; 6 – оклеечная гидроизоляция; 7 – бетонная подготовка; 8 – кирпичная защитная стенка; 9 – теплопровод; 10 – обратный теплопровод; 11 – ребристый стеновой блок; 12 – плита перекрытия; 13 – кабели внутреннего обслуживания

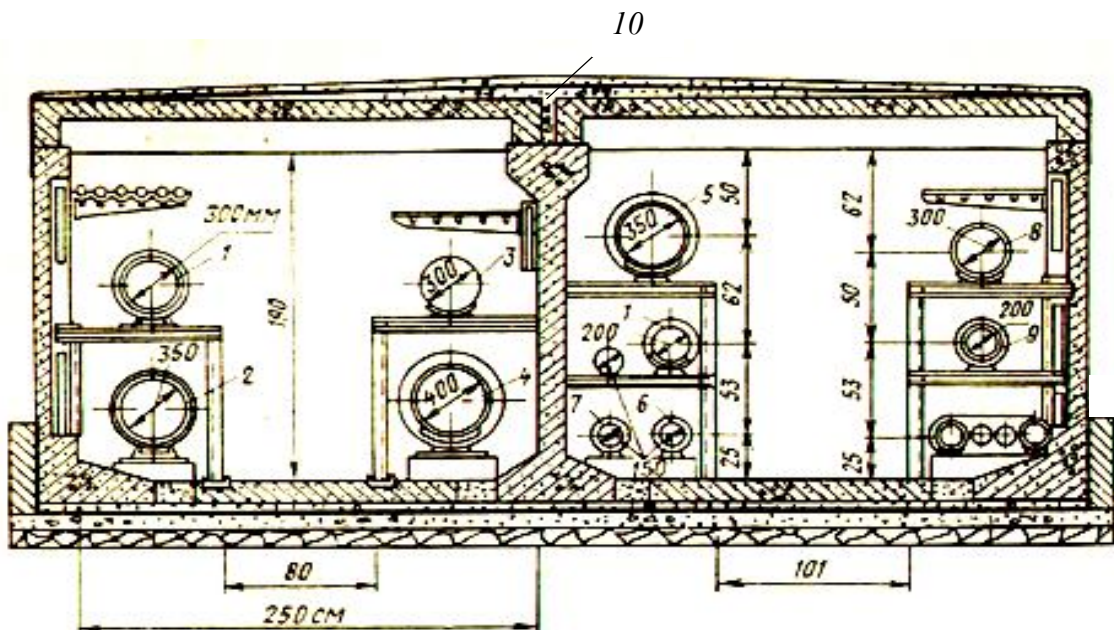


Рис. 8.3. Двухсекционный коллектор: 1 – паропровод; 2 – резервный паропровод; 3 – воздухопровод; 4 – линия теплосети; 5 – водопровод; 6 – обратная линия теплосети; 7 – вентиляция; 8 – горячая вода; 9 – трубопровод горячей воды; 10 – гидроизоляция коллектора

8.2. Технология строительства коллекторов

Порядок выполнения работ при строительстве коллекторов:

1. Подготовительные работы.
2. Разбивка.
3. Снятие растительного слоя.
4. Земляные работы.
5. Устройство оснований под коллектор.
6. Транспортировка и подготовка деталей к установке.
7. Монтажные работы.
8. Заделка вертикальных стыков.
9. Укладка сетей внутри коллектора.
10. Монтаж плит перекрытия и их гидроизоляция.
11. Гидроизоляция стеновых блоков.
12. Внутренние отделочные работы.
13. Устройство наземных элементов коллектора.
14. Испытание сетей.
15. Обратная засыпка котлована.
16. Вывозка лишнего грунта.

К подготовительным работам относятся: подготовка площадки, размещение материалов, полуфабрикатов, конструкций, установка знаков, ограждение и т.д. Разбивку осуществляет геодезист и двое рабочих 1–2-го разрядов с помощью геодезических инструментов. Снятие растительного слоя производят бульдозером или автогрейдером на глубину 0,15–0,3 м.

Земляные работы. Разработку траншей производят продольной проходкой экскаваторами с емкостью ковша 0,5–1,0 м³, оборудованными обратной лопатой, или драглайном.

Подготовительные работы. Работы начинают с освоения строительной площадки: ограждение зоны строительства; обеспечение строительства электропитанием необходимой мощности; устройство служебных и бытовых помещений для рабочих и ИТР; установка телефонной связи, освещения в ночное время; устройство складских помещений для материалов (щебня, песка, цемента и т.д.), а также железобетонных конструкций.

До начала строительства оформляют ордер в администрации города или района на право производства работ, согласуют с ГИБДД сроки работ и утверждают схему движения транспорта и пешеходов на весь период строительства. Во время строительства кабельные сети, пересекающие трассу, укладывают в специальные деревянные короба и подвешивают на временные крепления. В последующем после возведения коллектора кабели освобождают от защитных устройств и осторожно засыпают песком.

Работы выполняют в присутствии представителя эксплуатационной организации, в ведении которой находятся кабели. Разрытие грунта в местах вновь строящихся коллекторов с действующими газопроводами и другими подземными инженерными сетями следует производить в присутствии производителя работ (прораба) и представителя эксплуатационной организации, который на месте определяет границы разрытия грунта вручную.

Для установления кабельных сетей следует производить шурфование. Запрещается перемещать существующие подземные сооружения без согласования с заинтересованными организациями. При глубине траншеи до 4 м экскаватор устанавливают по оси траншеи или параллельно ей. При глубине более 4 м грунт разрабатывают в две очереди. На участках, где невозможно рытье траншеи с откосами на всю высоту, применяют крепления. Траншею крепят сразу же после отрытия ее экскаватором (рис. 8.4).

Точность разработки траншеи по глубине проверяют специальными глубиномерами. Если отсутствуют глубиномеры, смонтированные на экскаваторе, глубину забоя проверяют рейкой, это отнимает много времени.

Устройство оснований под коллектор. Основание устраивают из бетона М-100 толщиной 10–12 см. Предварительно устанавливают опалубку из досок, которые закрепляют деревянными или металлическими кольями. Бетонную смесь подают в котлован автокранами в металлических емкостях. После разравнивания и вибрирования виброрейкой или площадочными вибраторами производят уход с помощью разлива битумной эмульсии. Если нет эмульсии, используют полиэтиленовую пленку или песок, который периодически несколько раз в день поливают водой.

Транспортировка и подготовка к монтажу. Оптимальным является метод монтажа с колес, когда подвезенный элемент устанавливают в проектное положение. При складировании изделий необходимо соблюдать правила складирования и следить за качеством деталей и конструкций, за их ровностью, гладкостью, чтобы не было трещин, раковин, наплывов, сколов и т.д.

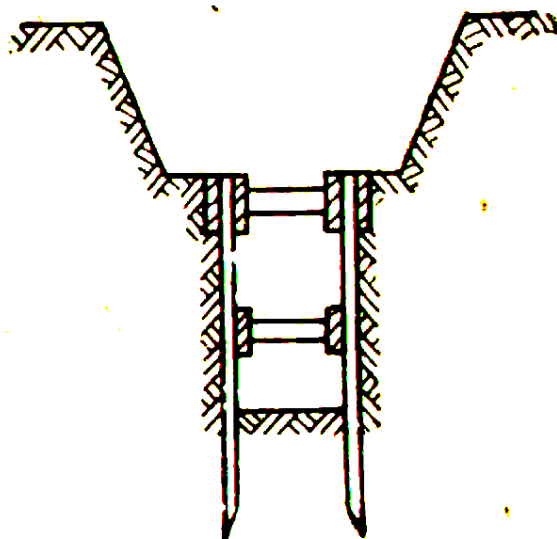


Рис. 8.4. Траншеи для прокладки подземных сетей со стенками смешанного типа

Монтаж деталей коллектора. На очищенное бетонное основание наносят тонкий слой цементопесчаного раствора для сопряжения стеновых блоков с основанием. Монтаж можно производить с одной стороны котлована, с двух сторон и очень редко со дна котлована. В первую очередь устанавливают стеновые блоки по 6–8 шт., затем приступают к монтажу внутренней стороны. Ширину коллектора проверяют шаблоном ± 10 мм. Затем приступают к установке блоков днища. В днище закрепляют закладные части для теплопроводов. Сваривают арматуру и бетонируют закладные бетоном М-200 с уплотнением вибратором.

Заделка вертикальных стыков. Вертикальные швы заполняют цементным раствором М-200 с помощью передвижных растворонасосов. Для этого используют переносную опалубку для омоноличивания стыков.

Укладка сетей внутри коллектора. После заделки стыков по дну коллектора устанавливают бетонные трубы на цементном растворе. На поверхности земли производят укрупненную сварку труб. Трубы сваривают на бровке котлована в звенья или плети. После чего опускают на опоры и сваривают друг с другом. Производят изоляцию стыков. Для кабельных сетей приваривают кронштейны как с одной, так и с другой стороны коллектора. После изоляции и теплоизоляции труб производят их испытания согласно техническим условиям. По дну коллектора устраивают дорожку из литого асфальта шириной 0,5–1,0 м.

Монтаж плит перекрытия производят автокранами или трубоукладчиками. Поверх блоков перекрытия укладывают слой цементного раствора М-100 с уклоном 20‰, а затем устраивают гидроизоляцию нанесением слоя битума с помощью распылителя. Раскатывают рулоны гидроизола или рубероида поперек, затем второй слой битума и гидроизола с перекрытием полос 15–25 см. Гидроизоляцию устраивают по плите перекрытия и по стенкам на $h=30$ –40 мм. Затем третий слой битума и поверх его цементно-песчаный раствор $h=10$ –15 мм. Можно для гидроизоляции использовать битумную эмульсию на основе латекса. Гидроизоляция считается сформированной, если при нажатии на неё с усилием 1 кгс/см^2 на поверхности не проступают следы влаги.

Гидроизоляция стеновых блоков. Стыки стеновых блоков с наружной стороны покрывают двухслойным гидроизолом на всю высоту по 20 см в одну и другую сторону от стыкового шва, для чего гидроизол нарезают полосами шириной 40 см. Во влажных грунтах поверхность стеновых блоков обмазывают битумом.

Внутренние отделочные работы. Устраивают сети обслуживания собственных нужд – это линии телефонной связи, вентиляции, электрического освещения. Затем окрашивают стены и потолки коллектора, кронштейны и опоры, строят камеры различного назначения из железобетона.

Устройство подземных элементов. Перед засыпкой котлованов устраивают колодцы, люки всех видов, вентиляционные шахты. Для проходных коллекторов колодцы устраивают через 150–200 м, вентиляционные – через 200–250 м.

Испытывают каждую сеть в отдельности согласно техническим условиям, затем производят обратную засыпку, уплотнение грунта и вывозку лишнего грунта.

8.3. Технология «Стена в грунте»

При расположении подземных инженерных сетей мелкого заложения в непосредственной близости от зданий, а также в условиях интенсивного уличного движения применяют траншейный способ производства работ. Вначале в местах расположения стен будущего подземного сооружения отдельными заходками разрабатывают и закрепляют траншеи шириной до 0,6–0,8 м и глубиной до 18–20 м, в которых возводят конструкции стен.

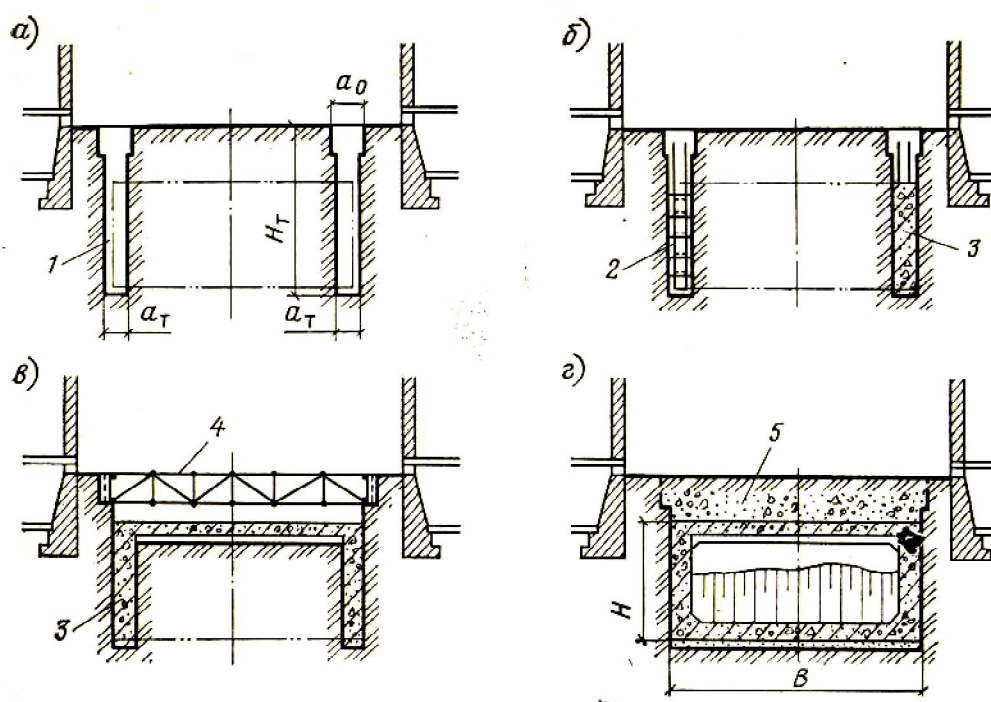


Рис. 8.5. Последовательность работ (а – г) при траншейном способе:
 1 – траншея; 2 – арматурный каркас; 3 – железобетонная конструкция;
 4 – распорка; 5 – обратная засыпка

Затем с поверхности земли вскрывают котлован до низа основания перекрытия и устанавливают сборные или монолитные конструкции перекрытия, опирая их на ранее возведенные стены. Далее готовые перекрытия защищают от воды гидроизоляцией и засыпают грунтом, восстанавливая дорожную одежду под подземным сооружением. Способ «Стена в грунте»

наиболее эффективен при глубине траншеи 5–6 м, а также при расположении подземного сооружения в непосредственной близости от зданий или их фундаментов.

Для закрепления стен траншеи можно использовать глинистые растворы, что дает возможность исключить свайное, шпунтовое или деревянное крепление. Глинистый раствор или бентонитовая суспензия плотностью 1,05–1,2 г/см³ представляет собой коллоидный раствор бентонитовых глин. Находящаяся в жидком состоянии бентонитовая суспензия с течением времени загустевает (переходит в гель). Имея низкую вязкость и высокую глинизирующую способность, глинистая суспензия проникает в грунт и закрепляет стенки траншеи, образуя на их поверхности тонкую (0,5–3,0 мм) и достаточно прочную и плотную пленку. Наличие такой пленки предотвращает избыточную фильтрацию глинистого раствора в грунтовой массив и удерживает от обрушения вертикальный откос траншеи.

Для устойчивости траншейных стен необходимо, чтобы давление глинистого раствора превышало активное давление грунта и воды. Из-за высокой стоимости бентонитовых глин в ряде случаев используют глинистые растворы из обычных грубодисперсных глин, которые подвергаются диспергированию.

Технология «Стена в грунте» может применяться в любых нескальных грунтах, за исключением илистых и плывунов. Уровень грунтовых вод должен располагаться не менее чем 1,5 м от поверхности земли, а скорость движения грунтовых вод не должна превышать критической. При этом не требуется устройства водоотлива или водопонижения, уменьшаются объемы земляных работ.

Для разработки траншей применяют буровфрезерное или буровое оборудование, одноковшовые или многоковшовые экскаваторы или грейферы. В качестве буровфрезерного оборудования используется агрегат СВД-500, который предназначен для копания траншей шириной 0,6–0,8 м, глубиной 15–20 м. Скорость разработки траншеи 0,6–2 м/ч. Оборудование монтируется к трактору Э-505.

8.4. Техника безопасности при строительстве инженерных сетей

Строительство инженерных сетей происходит в сложных условиях в пределах городской улицы, часто при непрерывном движении автотранспорта и пешеходов. На строительной площадке одновременно выполняется несколько строительных процессов, сосредотачивается большое количество рабочих различных специальностей, а также машин и механизмов.

При строительстве инженерных сетей, как и при строительстве городских дорог, необходимо соблюдать правила техники безопасности согласно СНиП 12-03–2001.

Все работники, занятые в строительном процессе, должны быть обучены правилам техники безопасности и производственной санитарии. К работам по строительству допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр.

Все рабочие должны пройти инструктаж по технике безопасности. Существует четыре вида инструктажа: вводный, инструктаж на рабочем месте, повседневный и повторный – 1 раз в квартал. Все опасные места должны быть ограждены и освещены. Наименьшая освещенность – 5 лк. Все машины, работающие на объекте, должны иметь паспорт и индивидуальные номера. Механизаторы должны иметь удостоверение на право управления машиной. В зоне работы машины должны быть вывешены предупредительные надписи и плакаты, инструкции по ТБ.

Посторонним лицам запрещается находиться в зоне работы механизма. Должна быть звуковая сигнализация. Нельзя работать в пределах охранной зоны высоковольтных линий электропередач. Должен быть наряд-допуск организации, эксплуатирующей высоковольтные линии, на производство работ в охранной зоне. Минимальное расстояние до линии ВЛ: 35–110 кВт – 4 м гориз., 3 м верт.; 154–220 кВт – 5–6 м гориз., 4 м верт.; 330–500 кВт – 9 м гориз., 5 м верт. Запрещается ремонтировать машины при ее работе.

Отрыв траншей. Перед началом работы машинист экскаватора должен давать предварительный сигнал. Рабочим нельзя находиться в транспортных средствах при погрузке, а также между экскаватором и транспортом. Котлованы и траншеи, разрабатываемые на улицах, необходимо ограждать, в ночное время освещать.

Отвалы грунта следует размещать не менее 1 м от бровки траншеи. Мастер каждую смену обязан проверять состояние крепления выемок. Должны быть сделаны прочные переходы и мосты, огражденные барьерами при рытье траншей. Для спуска в траншею необходимо устанавливать стремянки шириной 0,75 м с перилами.

К монтажным работам допускаются только такелажники, имеющие специальные удостоверения. При монтаже в траншее не должны находиться рабочие. Опускание трубы в траншею следует производить плавно, без срывов и ударов.

При работе с электротрамбовками рабочий должен быть в диэлектрических перчатках и ботах. Шланговые провода должны быть подвешены на высоте не менее 2,5 м. Через каждые полчаса электровибратор должен выключаться на 5 мин.

При монтаже звеньев труб или других элементов кранами подходить к монтируемым элементам можно только в том случае, когда они находятся на высоте не более 50 см. Необходимо стремиться к организации работ с закрытием уличного движения на период производства работ.

Характеристика грунтов, строительных материалов, крутизна откосов траншей их размеры, трубы, колодцы и их размеры, а также применяемые машины для строительства сетей приведены в прил. 10 – 32. Условные графические обозначения элементов трубопроводов – в прил. 33.

Контрольные вопросы

1. Какова классификация коллекторов?
2. Что такое общие коллекторы?
3. Что такое совмещенные коллекторы?
4. Какова технология строительства коллекторов?
5. Какие подготовительные работы выполняют при строительстве коллекторов?
6. Какие основания устраивают при строительстве коллекторов?
7. Какова последовательность монтажа элементов сборного коллектора?
8. Как производится гидроизоляция коллекторов?
9. Какие способы внутренних и отделочных работ внутри коллектора вы знаете?
10. Какие существуют способы монтажа инженерных сетей внутри коллектора?
11. Какова технология «стена в грунте»?
12. Какова область применения технологии «стена в грунте»?

9. БЕСТРАНШЕЙНЫЕ (ЗАКРЫТЫЕ) СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

9.1. Специальные способы прокладки (проходки) инженерных сетей

В настоящее время известен ряд способов проходки горизонтальных тоннелей и коллекторов различного назначения, в том числе для бестраншейной прокладки трубопроводов. Разработано, изготовлено и эксплуатируется большое число проходческих устройств различных конструкций.

При строительстве больших тоннелей (диаметром более 2 м) проходку производят щитовым способом. Проходку тоннелей и коллекторов диаметром менее 2 м, особенно при малой длине, осуществляют разнообразными по конструкции и принципу действия установками.

Все известные способы проходки можно условно разделить на три основные группы [19]:

- прокалывание, т.е. проходка путем вдавливания и радиального уплотнения грунта в стенки образуемой скважины без его эвакуации;

- продавливание, т.е. проходка путем вдавливания в грунт полого забойного элемента с последующей разработкой поступающего внутрь грунтового керна и его эвакуации;

- горизонтальное бурение, т.е. проходка с лидирующей разработкой грунта перед наконечником.

Различают несколько методов разработки грунта в забое:

- уплотнение (смятие и вдавливание статически и динамически приложенной к оси напорной силой);

- бурение (резание, скалывание, смятие, истирание вращающимся инструментом);

- экскавация (копание ковшом поперечного действия);

- выдувание (разрушение струями газа);

- вымывание (разрушение струями воды);

- кернообразование (комбинация уплотнения или бурения с отбором внутренней неразрушимой части грунта);

- взрыв (комбинированный способ, заключающийся в разработке скважины, заполнении её зарядом ВВ и его взрыве, вызывающем уплотнение, вдавливание грунта в стенки скважины).

Специальные способы проходки используют, как правило, при бестраншейной проходке магистральных трубопроводов под автодорогами, трамвайными путями или другими препятствиями.

Условия бестраншейной прокладки трубопроводов следующие:

1. Магистральные трубопроводы прокладывают, как правило, на глубине не более 3 м от дневной поверхности грунта. Все методы бестраншейной прокладки должны обеспечивать надежную проходку на этой глубине со строгим сохранением заданного направления.

2. Основной объем переходов под дорогами составляет до 50 м.

3. В ходе сооружения перехода и при дальнейшей эксплуатации дороги, под которой он сооружен, не должны возникать осадки, искривления и нарушения целостности полотна дороги, вызванные строительными процессами.

4. Бестраншейную прокладку под реками производят на глубине от 5 до 15 м от нижней точки дна водоема. Методы проходки должны обеспечивать направленную кривизну траектории проходки с радиусом в пределах 150–700 м.

9.2. Методы прокола

Проколы подразделяются на статические, вибрационные и виброударные. Эти методы предусматривают проходку как непосредственно трубой-патроном, так и забойными проходческими устройствами – щитами.

Под статическим проколом подразумевается прокол грунтового массива трубой-патроном, снабженной на забойном конце глухим конусным наконечником, при помощи статически приложенной нагрузки (рис. 9.1).

При вибрационном проколе на трубу-патрон кроме статической напорной силы действует знакопеременная возмущающая сила вибратора, а при ударном проколе – сила удара молота о трубу-патрон.

Метод прокола используется лишь в сжимаемых грунтах. Наиболее благоприятны глины, суглинки, рыхлые супеси. В песчаных грунтах из-за крайне незначительной сжимаемости прокалывание затруднено – требуются значительные нажимные усилия.

Способом прокола можно прокладывать стальные трубопроводы диаметром до 400 мм. Длина проходки при этом составляет до 50 м. Полное сопротивление грунта проколу можно условно разделить на две составляющие: лобовую и боковую.

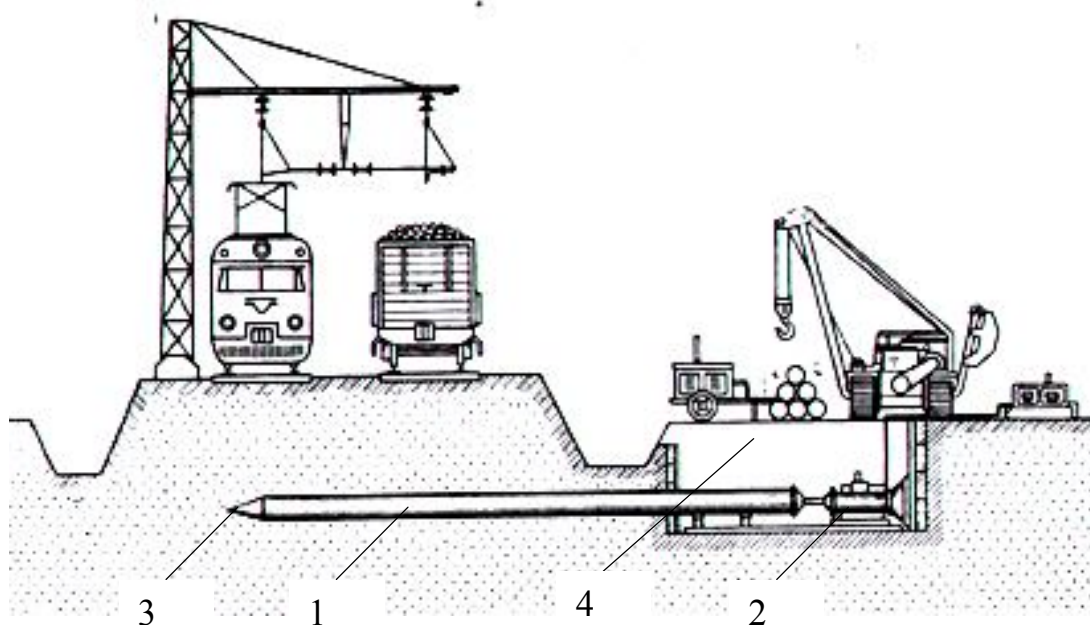


Рис. 9.1. Сооружение перехода под железной дорогой методом статического прокола при помощи гидродомкрата: 1 – труба-кожух; 2 – гидравлический домкрат; 3 – конусный наконечник; 4 – котлован

Лобовое сопротивление – это сопротивление грунта внедрению в него конусного наконечника. Величина этого сопротивления зависит от состояния грунта, близости свободной поверхности (дневной) формы и материала наконечника и величины напорной силы.

Боковое сопротивление – это сопротивление грунта при его взаимодействии с боковой поверхностью тела. Оно постоянно возрастает и в конце проходки достигает максимума.

Снизить силы сопротивления грунта проколу можно несколькими способами:

- уменьшить боковое сопротивление грунта, воспрепятствуя обжатию внешней поверхности трубы по всей ее длине;
- смазать поверхности погружаемой трубы и наконечника;
- увлажнить и размягчить прилегающий грунт;
- использовать проходку меньшей скважины и последующее ее расширение;
- сообщить погружаемому телу (трубе) такие ускорения, которые обеспечили бы его срыв и свободное перемещение.

Для применения первого способа диаметр забойного наконечника делают несколько больше диаметра трубы, что приводит к образованию зазора между трубой и стенками скважины (20–50 мм). Чтобы предотвратить искривление трубы и потерю продольной устойчивости (трубой-патроном), ее снабжают специальными направляющими хомутами, расположенными равномерно по ее длине.

Передачу прижимных усилий от домкратов при прокалывании можно осуществить при помощи хомутов, состоящих из двух разъемных половинок, стягиваемых на трубе болтами. Для передачи давления через хомуты применяют два домкрата, штоки которых упираются в концы хомута. Недостаток этой конструкции – большая затрата времени на перестановку хомутов. Передаваемое давление от домкратов трубе через хомуты составляет 30–50 м.

Метод виброударного прокола заключается в проходке горизонтальных скважин путем радиального уплотнения грунта конусным наконечником под действием виброимпульсов, сообщаемых ему вибромолотом горизонтального действия.

Существует три схемы производства работ:

- проходка горизонтальной скважины с одновременной прокладкой трубы-патрона с помощью ударного механизма, укрепленного на ее внешнем конце;
- разработка горизонтальной скважины проходческим устройством (кротом) и прокладка в нее трубы;
- проходка горизонтальной скважины забойным проходческим устройством, центрируемым и направляемым трубой-патроном с передачей осевой напорной нагрузки через эту трубу.

Технико-экономическое сравнение применяемых механизмов при прокалывании представлено в табл. 9.1.

**Технико-экономическое сравнение прокалывания труб
различными механизмами**

№ п/п	Механизмы для прокалывания труб	Средняя скорость проходки, м/смену	Затраты труда на 1м проходки, чел.-ч	Максимальная длина проходки, м
1	Гидравлические домкраты типа ГД 170/1150	5-12	2-4	50
2	Гидравлические проводные прокалыватели	30-40	0,6-0,8	45
3	Винтовые механизированные прокалыватели	20-30	0,8-1,5	25
4	Вибрационные установки	40-60	0,6-1,0	30

9.3. Методы продавливания

Методы продавливания заключаются в проходке путем вдавливания в грунт полого забойного элемента (это может быть полая труба, элементы в виде колец или прямоугольных секций) с последующей разработкой поступающего внутрь грунтового керна и его эвакуацией, т.е. удалением.

Методы продавливания делят на статические, вибрационные и виброударные. Проходка методом продавливания осуществима в мягких грунтах, чрезвычайно затруднена в глинистых грунтах и невозможна в крупнообломочных и скальных грунтах (рис. 9.2). Методы продавливания целесообразны при проходке труб диаметром от 630 до 3600 мм и более.

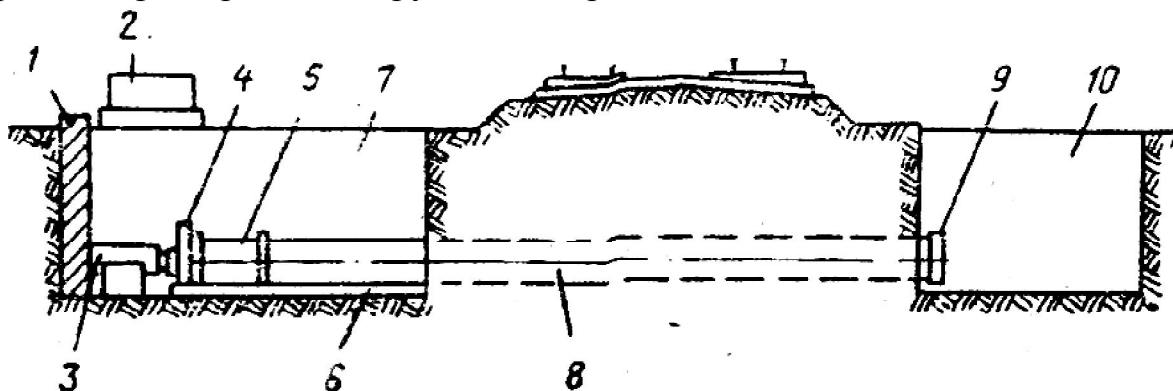


Рис. 9.2. Прокладка труб способом продавливания (прокалывания): 1 – упорная стенка; 2 – насос высокого давления; 3 – домкратная установка; 4 – нажимная заглушка; 5 – нажимной патрубок; 6 – направляющая рама; 7 – рабочий котлован; 8 – прокладываемая труба (кожух); 9 – нож; 10 – приемный котлован

Метод статического продавливания подразумевает прокладку труб открытым концом при помощи статически приложенной напорной силы от

гидравлического домкрата. Под действием этой силы труба-патрон или кольцо врезается в грунтовой массив забойным кольцом, снабженным кольцевым наконечником. Грунт поступает внутрь трубы. Грунт в трубе уплотняется по мере продвижения кольца. Продвижение керна грунта прекращается, когда забойный конец оказывается забитым плотной грунтовой пробкой. Необходимо извлекать грунт и затем продолжать продавливание. Извлечение грунта производят вручную либо с помощью специальных механизмов. Максимальная длина грунтового керна 2 м. При этом напорная сила превышает 300 кН. Отличительная особенность вибрационного метода продавливания от статического заключается в дополнительном сообщении прокладываемой трубе продольных или вращательных колебаний, создаваемых вибратором, жестко присоединенным к наружному концу.

Рабочие органы разработки грунта в установках статического продавливания могут быть выполнены в виде резцовых головок или экскаваторных ковшей с гидроприводом. Первые могут быть смонтированы в забойной части трубы патрона практически при любом диаметре, а вторые – при диаметре не менее 1000–2000 мм.

Проходку ручной разработкой и эвакуацией грунта можно допускать в крайних случаях. При этом диаметр трубы патрона должен быть не менее 1000–2000 мм.

Для проходки труб диаметром менее 1000–2000 мм целесообразно применять резцовую головку в сочетании с ленточным транспортером либо совковыми питателями.

Особое место занимают питатели в виде полых цилиндров с открытым передним торцом.

Совковый питатель канатом подается к забойному концу, внедряется в грунт при помощи вибромолота, забирает основную часть грунта и канатом извлекается на поверхность. Под действием вибромолота грунт через окна в питателе высыпается на поверхность. После опорожнения питателя цикл повторяется, т.е. снова включают вибромолот установки, перемещая ее вперед и набирая новую порцию грунтового керна, который затем снова эвакуируют в траншею и извлекают на поверхность. Процесс продолжается до выхода забойного кольца трубы-патрубка в приемный котлован. В трубу-патрон протаскивают трубопровод по частям с помощью лебедки.

9.4. Метод горизонтального бурения

Метод горизонтального бурения или метод проходки с лидирующей разработкой грунта может быть использован только в связных грунтах, так как в противном случае возникает опасность образования непредвиденных полостей под насыпью с последующей осадкой дорожного полотна.

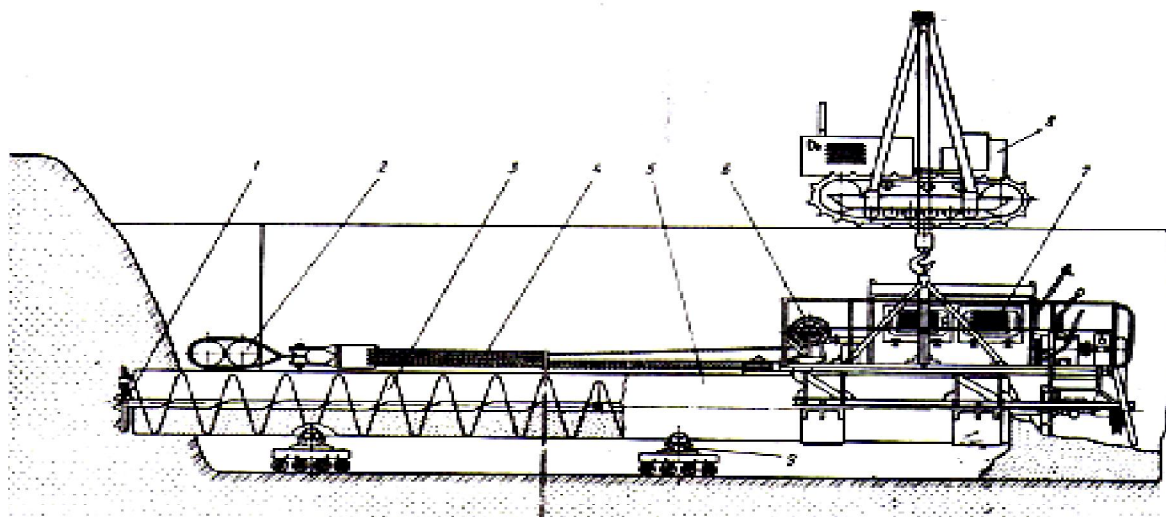


Рис. 9.3. Схема установки горизонтального бурения ГБ (УГБ)

Наиболее широко применяют метод горизонтального бурения с разработкой грунта режущей головкой диаметром, большим, чем диаметр трубы-кожуха, и с эвакуацией грунта шнековым транспортером или желонкой совкового типа (рис. 9.3). Длина проходки достигает 60 м.

Для горизонтальной проходки используют установки ГБ и УГБ, которые снабжаются набором сменного оборудования для прокладки защитных кожухов в виде труб-кожухов диаметрами 327–377 мм, 426–630 мм и 820–1420 мм. Трубу-кожух прокладывают постепенным наращиванием звеньями труб длиной по 6 м.

Установки УГБ предназначены для бестраншейной проходки магистральных трубопроводов диаметром 325–1420 мм. Скорость проходки составляет 19–25 м/смену.

В рабочий котлован на роликовые опоры укладывают звено прокладываемой трубы с режущей головкой и шнеками. К валу шнека присоединяют машину, которая во время монтажа и работы находится в подвешенном состоянии на крюке трубоукладчика. В рабочем котловане у начала скважины укрепляют упорный брус с блоками полиспаста. Продвижение трубы вперед осуществляют лебедкой, которая наматывает трос полиспаста.

Во время работы при движении трубы вперед трубоукладчик передвигается в том же направлении, поддерживая машину. На режущей головке установлены усиленные твердым сплавом резцы, в силу чего машина может разрабатывать твердые породы грунтов. Режущая головка снабжена откидными лопастями, которые позволяют увеличивать диаметры скважины на 30–40 мм больше диаметра прокладываемой трубы. Вынимают шнеки и головку через трубу при складывании лопастей и вращении головки в обратную сторону.

Контрольные вопросы

1. Когда применяются бестраншейные способы прокладки инженерных сетей?
2. Какие методы разработки грунта в забое существуют?
3. Какие методы бестраншейной прокладки инженерных сетей вы знаете?
4. Какова технология метода прокола?
5. Какова область применения метода прокола?
6. Какова технология метода продавливания?
7. Какова область применения метода продавливания?
8. Какова технология метода горизонтального бурения?
9. Какова область применения метода горизонтального бурения?
10. Какие сопротивления возникают при статическом проколе?
11. Как уменьшить боковое сопротивление грунта при проколе?
12. Какие механизмы используются при проколе?

10. ЩИТОВОЙ СПОСОБ РАБОТ

10.1. Конструкции и оборудование щитов

Проходческий щит представляет собой подвижную крепь, под прикрытием которой разрабатывают грунт и возводят постоянную обделку. Щиты отличаются друг от друга формой и размерами поперечного сечения, несущей способностью, способом разработки грунта и крепления лба забоя и т.п. Формы поперечного сечения щитов весьма разнообразны: круглая, прямоугольная, сводчатая, трапецеидальная, эллиптическая.

Наиболее распространенная форма щита – круглая. Для проходки двухполосных автотранспортных тоннелей применяют щиты диаметром 10–10,5 м и массой 250–300 т.

По способу разработки грунта различают немеханизированные и механизированные щиты. В первом случае грунт разрабатывают вручную или ручным механизированным инструментом. Во втором случае все операции по разработке и уборке грунта полностью механизированы и выполняются специальными рабочими органами и механизмами.

Проходческий щит кругового очертания представляет собой стальной цилиндр, состоящий из ножевого кольца, опорного кольца и хвостовой оболочки (рис. 10.1) [25].

Ножевое кольцо подрезает грунт по контуру выработки и служит для защиты работающих в забое людей. При работе в мягких грунтах ножевое кольцо имеет уширенную верхнюю часть – аванбек, а в слабых грунтах – предохранительный козырек, который может быть неподвижным или подвижным.

Опорное кольцо вместе с ножевым являются основной несущей конструкцией щита. По периметру опорного кольца располагаются равномерно щитовые домкраты, служащие для продвижения агрегата. При диаметре щита порядка 10 м устанавливают 30–36 щитовых домкратов.

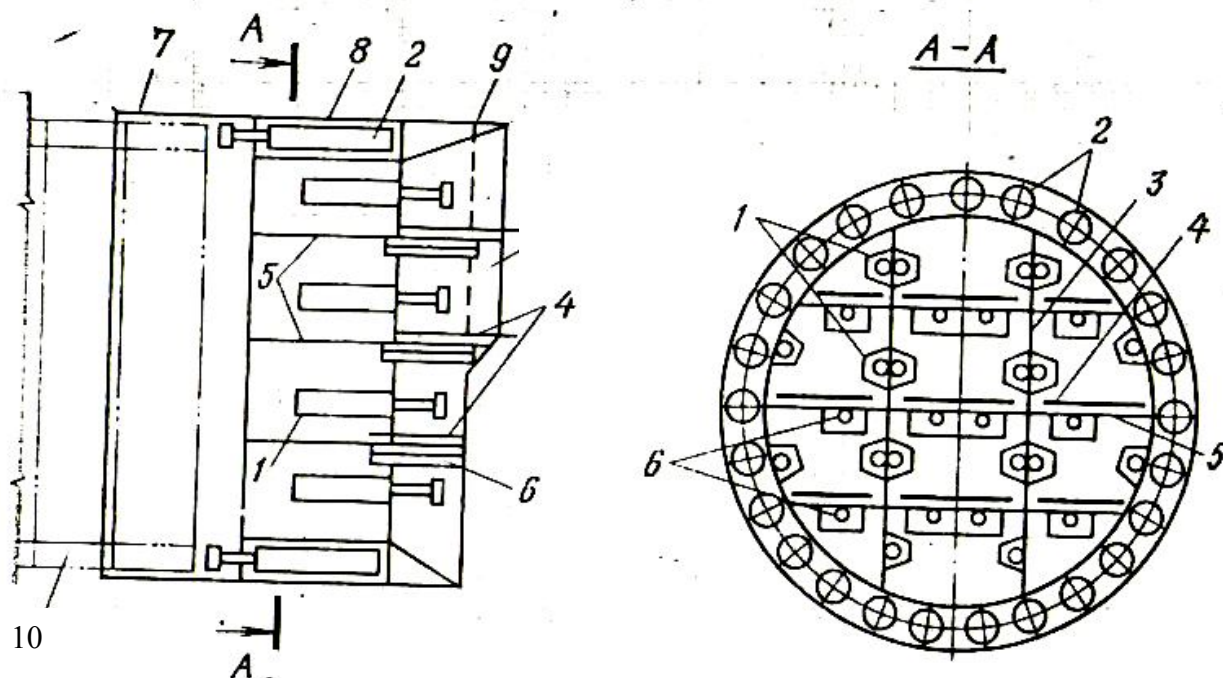


Рис. 10.1. Конструкция проходческого щита: 1 – забойные домкраты; 2 – щитовые домкраты; 3 – вертикальные перегородки; 4 – выдвижные платформы; 5 – горизонтальные перегородки; 6 – платформенные домкраты; 7 – хвостовая оболочка; 8 – опорное кольцо; 9 – ножевое кольцо; 10 – обделка

Хвостовая оболочка закрепляет контур выработки в месте возведения очередного кольца обделки. Горизонтальные и вертикальные перегородки придают конструкции щита необходимую жесткость и разделяют забой на рабочие ячейки, в которых разрабатывается грунт. На горизонтальных площадках устанавливаются выдвижные платформы, которые перемещаются по направляющим усилиями платформенных домкратов, смонтированных под площадками.

Для удержания элементов верхней крепи предусмотрены забойные домкраты, которые закрепляют на вертикальных перегородках и опорном кольце щита.

Конструкцию ножевой и опорной частей щита собирают из литых или сварных стальных элементов ребристого сечения, соединенных между собой болтами по типу тубингов тоннельных обделок. Хвостовую часть выполняют из отдельных стальных листов. Оболочки щитов больших диаметров делают многослойными и закрепляют на опорном и ножевом кольцах.

Горизонтальные и вертикальные перегородки делают из многослойных пакетов стальных листов, усиливая их уголками или швеллерами. Щитовые гидравлические домкраты развивают усилие до 2000–2500 кН каждый, питаются от сети высокого давления (20–30 МПа). Забойные и платформенные домкраты усилием по 40–50 кН питаются от сети среднего давления (3,5–5 МПа). Гидравлические насосы, а также необходимую пускорегулирующую аппаратуру для контроля за движением жидкости в сети и перемещением щита устанавливают на горизонтальных площадках в пределах опорного кольца. Высоту ярусов между горизонтальными перегородками определяют в пределах 1,7–2,0 м, а расстояния между вертикальными перегородками 1,2–1,9 м. Требуемые усилия щитовых домкратов определяют из условия преодоления всех сопротивлений при передвижении щита.

Механизированные щиты оборудованы исполнительным рабочим органом, при помощи которого производится разработка грунта, а в некоторых случаях крепление лба забоя, а также грунтозаборными устройствами для удаления грунта за пределы щита.

Применяемые в нашей стране немеханизированные щиты предназначены для проходки, выработок малых и средних размеров до 2 м. Механизированные проходческие щиты предназначены для проходки тоннелей диаметром 5 – 6 м. Механизированные щиты диаметром 9–10 м применяются для автомобильных тоннелей.

Для проходки тоннелей в скальных грунтах с коэффициентом крепости $f = 2–8$ создан механизированный щит ММЩ-1 с роторным рабочим органом. На вращающемся с частотой 0,5–3 мин⁻¹ пятилучевом роторе закреплены калиброванные грунторазрушающие инструменты, состоящие из дисковых шарошек и стержневых резцов. Лезвия шарошек выдвигаются вперед, а резцы срезают оставшиеся целики грунта. В мягких грунтах вместо стержневых устанавливают пластинчатые резцы. Разработанный грунт подхватывается поворотными подгребающими лопастями и сбрасывается в лоток, а далее попадает на ленточный транспортер-перегрузатель.

В плотных и сухих глинах и суглинках с коэффициентом крепости $f = 2,5–3$ применяют проходческий щит ПМЩ-5,6, рабочий орган которого выполнен в виде четырехлучевого водила со стержневыми резцами и дисковыми скалывателями. При вращении водила образуются щели глубиной 200–300 мм, а скалыватели разрушают выступы грунта между щелями. Для погрузки разработанного грунта на ковшом кольце закреплены 12 ковшей, которые сбрасывают его в лоток.

Скорость проходки – до 1250 м в месяц. Для проходки тоннелей в слоистых и смешанных грунтах созданы механические щиты со стреловыми рабочими органами. В песчаных грунтах рационально использовать щиты с экскаваторными рабочими органами. В них размещаются один или

несколько телескопических или шарнирных ковшей. Разработку грунта можно производить при предварительном рыхлении гидро- или пневмоудалением.

Экскаваторные щиты: ЩНЭ-1, ЩНЭ-2. Телескопические ковши могут выдвигаться до 1,6 м, поворачиваться вокруг своей оси. Разработанный грунт поступает на наклонный транспортер и удаляется за пределы щита.

Для проходки в неустойчивых водонасыщенных грунтах созданы механизированные щиты с призабойной кессонной камерой, в которую под давлением подают сжатый воздух. Грунт разрабатывают исполнительным органом, выдвигая его за пределы кессонной камеры. Для избежания проникновения воды в забой существуют щиты с призабойной камерой, заполненной под давлением бетонной суспензией. Призабойная зона отделена от остальной части щита сплошной стальной диафрагмой. За диафрагму подают под давлением бетонную суспензию, которая проникает в грунт и образует плотную пленку, удерживающую забой от разрушения.

10.2. Технология щитовой проходки

Работам по щитовой проходке тоннеля предшествует монтаж щитов и оснащение их необходимым оборудованием. Собирают щиты непосредственно у порталов тоннеля в открытых выемках или котлованах, опускают целиком через шахтный ствол, внутрь камеры-кессона, в специальные подземные камеры.

Технология щитовой проходки зависит от типа, свойств грунта и вида обделки. При проходке механизированным щитом разработку, погрузку и транспортирование грунта производят стандартным горнопроходческим оборудованием (бурильные молотки, погрузочные машины, вагонетки, электровозы).

Большие трудности при проходке вызывают водонасыщенные грунты. В этом случае применяются специальные способы осушения грунтов: искусственное водопонижение, замораживание, химическое закрепление и т.д.

В процессе разработки зону повышенного давления отделяют от остальной части тоннеля сплошной воздухонепроницаемой шлюзовой перегородкой, в которой устанавливают шлюзы с герметически закрываемыми дверями для проходки людей, выдачи разработанного грунта и подачи материалов. Шлюзовые перегородки выполняют из железобетона или стали и переносят вперед после каждого продвижения забоя на 250–300 м. Подача сжатого воздуха, электроэнергии, воды выполняется в трубе-шлюзе до 0,5 м. Во всех случаях необходимо соблюдать технику безопасности, для чего устраивают аварийный шлюз, помосты и лестницы (рис. 10.2) [25].

Щитовая проходка под сжатым воздухом характеризуется тяжелыми условиями кессонного режима и может применяться при $P \leq 0,35$ МПа.

Применяют щиты КТ1-5,6; ТЩ-2; ТЩ-3; КМ-19; КТ-5,6Б2. Скорость проходки 5–6 м, т.е. 300–400 м/месяц и более.

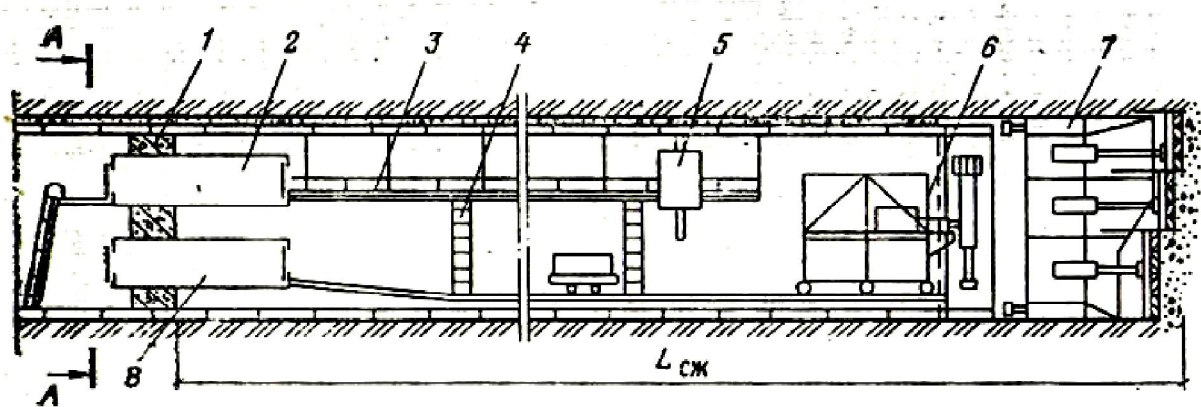


Рис. 10.2. Схема разработки забоя: 1 – шлюзовая перегородка; 2 – людовой шлюз; 3 – аварийный помост; 4 – лестница; 5 – шлюз; 6 – тубингоукладчик; 7 – щит

Горнопроходческие операции должны быть увязаны между собой во времени и по возможности механизированы.

Грунт, разработанный в забое щита, поступает на магистральный транспортер-перегрузатель, состоящий из наклонной и горизонтальных частей. В конце транспортера помещается бункер с двумя шибберными затворами, что позволяет выгружать грунт в вагонетки. При помощи лебедок блоки поочередно затаскивают на направляющую дугу и перемещают по ней в нужное направление. Для проходки применяют кольцевой конвейерный укладчик. Блоки перемещают по направляющему кольцу, покрытому в верхней части роликовыми опорами. Укладчики дугового и кольцевого типа позволяют монтировать тяжелые блоки массой 5–6 т, дают возможность совмещать монтаж обделки с разработкой грунта и выдачей его за пределы щита.

10.3. Гидроизоляция подземных сооружений

Тоннели должны быть надежно защищены от проникания в них грунтовых вод. Для этого они должны быть выполнены из достаточно водонепроницаемых материалов и иметь специальную гидроизоляционную защиту.

Поскольку бетон пропускает воду, а стыки требуют защиты, то практически все подземные конструкции должны быть защищены от воды. Качество гидроизоляции должно быть на высоком уровне, а это требует больших материальных затрат. Если горизонт подземных вод залегает выше подошвы подземного сооружения, гидроизоляцию устраивают по всему контуру.

Создание изоляции по наружному контуру тоннеля является сложной операцией; если стенки траншеи закреплены глинистым раствором, наружную изоляцию стен создать практически невозможно. В этом случае возможно устройство внутренней гидроизоляции по стенам и лотку тоннеля.

На гидроизоляционное покрытие наносят слой торкрета или защищают слоем бетона марки М100 толщиной 10–15 см, армированного проволочной сеткой с ячейкой 15x15 см диаметром 5 мм.

Оклеечная гидроизоляция характеризуется достаточной гибкостью, пластичностью и водонепроницаемостью, однако имеет небольшую механическую прочность, весьма трудоемка в нанесении, требует больших затрат времени. При этом не всегда удается добиться высокого качества.

Наряду с битумной мастикой начинают внедрять синтетические смолы: эпоксидную, полиэфирную, фурановую и др. Отверждающиеся синтетические смолы образуют прочное, водонепроницаемое и химически стойкое покрытие.

Стеклоткань, бризол и искусственную фольгу используют в качестве армирующей основы. Кроме этого, в качестве армирующей основы можно использовать виниловый пластикат, пластифицированный поливинилхлорид, полиизобутилен. Пленки к поверхности бетона клеют горячим битумом, толщина пленок 1–3 мм. Применяют термопластичную изоляцию из расплавленного битума, наносимого на бетонную поверхность под давлением специальными форсунками, или армирование стеклосетчатой тканью. Укладывают также ковровые материалы (стеклорубероид, фольгоизол, гидростеклоизол и др.). Можно использовать специальный тепломорозостойкий битум – пластбит, имеющий температуру размягчения

353 ÷ 363 К, а также резинобитумные покрытия, ребристый полиэтилен толщиной 1–3 мм и шириной 1,85 м. Чаще всего для гидроизоляции используют битумные или асфальтовые мастики, а также эмульсии на основе синтетических смол (эпоксидно-фуреновую мастику ЭФМ слоем 2–3 мм), полиуретановый лак УР-19 или «Альтины».

В заводских условиях проводят изоляцию, для этих целей используют различные прокладки из резины, неопрена, пороизола и др. Они предохраняют также от скалывания, выколов, образования трещин.

Герметизирующие губчатые жгутовые прокладки типа гернита диаметром 30–40 мм приклеивают по торцам тоннельных секций специальной битумной мастикой – изолитом. При большом гидростатическом давлении применяют металлоизоляцию из стальных листов 6–8 мм, заанкеренных в бетон по наружной поверхности. Листы сваривают между собой. Это очень дорого и требует дополнительной изоляции. Стыки между секциями изолируют сваркой листов металлоизоляции, обжатием упругих прокладок, уложенных по периметру торцов секций, зачеканкой швов.

В некоторых случаях шов в перекрытии подземного сооружения закрывают латунным листом толщиной 2 мм, сваренным по всей длине перекрытия. Монолитные бетонные отделки защищают от проникновения воды сплошной гидроизоляционной мембраной.

Контрольные вопросы

1. Что такое проходческий щит?
2. Какие формы проходческих щитов вы знаете?
3. Какие элементы проходческого щита вы знаете? каково их назначение?
4. Какие домкраты используют в проходческих щитах?
5. Какое оборудование используют для щитовой проходки?
6. Какова конструкция проходческого щита ММЩ-1?
7. Какова конструкция проходческого щита ПМЩ-5,6?
8. Какие существуют проходческие щиты с экскаваторным оборудованием?
9. Какова технология щитовой проходки?
10. Что такое обделка и ее назначение?
11. Какие виды гидроизоляции тоннелей вы знаете?

11. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ТРУБОПРОВОДАМИ РЕК

11.1. Общие сведения о способах производства работ

Трассы трубопроводов различного назначения часто на своем пути пересекают реки, озера и другие водные препятствия. Сооружение переходов через водоемы является сложной и ответственной работой, требующей применения плавучих средств, специальных механизмов и оборудования, а также проведения водолазных работ.

Проложенный под водой трубопровод должен быть исключительно прочен и надежен в работе, т.к. он малодоступен для осмотра и ремонта.

По данным отечественной и зарубежной практики, протяжение подводных переходов в виде дюкера составляет в среднем 4,5% протяженности всех сооружаемых. Причем стоимость их превышает стоимость устройства трубопроводов того же диаметра в обычных условиях в 4–5 раз. Способы производства работ по устройству подводного перехода в виде дюкера зависят от диаметра и конструкции трубопроводов, характеристики водоема (глубины, скорости течения, рельефа и геологического строения дна), а также от условий производства работ (времени года, наличия судоходства) и т.д. Объемы, очередность и сроки выполнения работ могут быть

весьма разнообразны и устанавливаются для каждого конкретного случая при проектировании подводного перехода.

В русле реки трубопровод укладывают в траншею на глубину не менее 0,5 м от уровня возможного размыва дна водоема (до верха трубы), на судоходных реках глубину заложения до верха трубы принимают 1–1,5 м и более в целях предотвращения повреждения труб якорями судов.

Ширину подводных траншей понизу B_n (рис. 11.1) определяют по формуле

$$B_n = Dn + a(n - 1) + 2b,$$

где D – наружный диаметр футерированной трубы; n – число труб, укладываемых в одну траншею; a и b – соответственно расстояние между трубами в свету и между трубой и подошвой откоса.

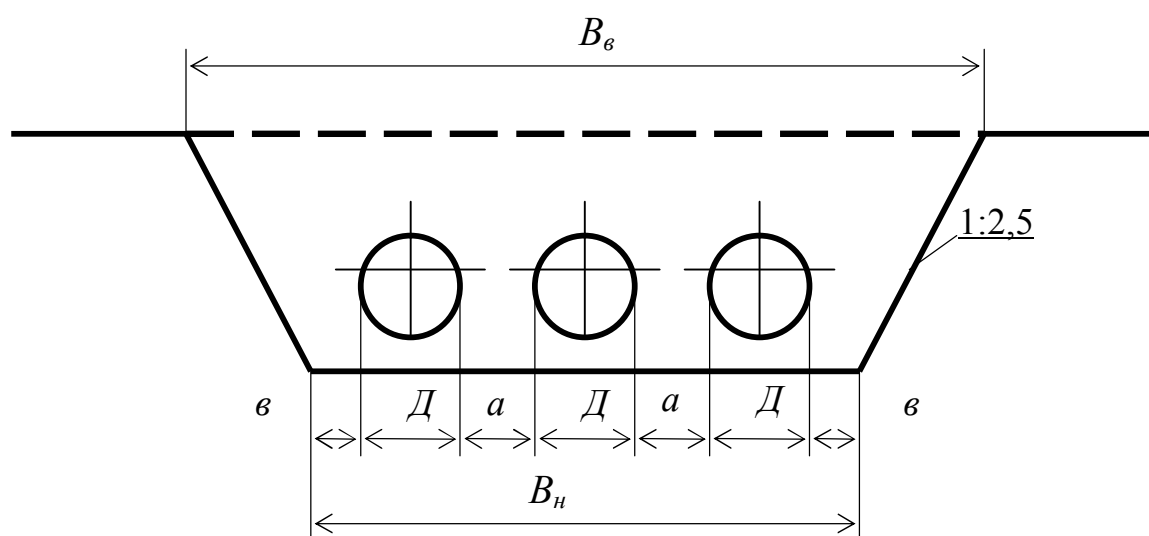


Рис. 11.1. Схема расположения дюкеров в подводной траншее

Крутизну откосов траншеи принимают в зависимости от вида разрабатываемого грунта. При гидромониторной разработке во всех случаях крутизну откосов принимают не менее 1:2,5. Назначенную глубину и определенную ширину траншеи корректируют в зависимости от способа ее разработки и степени заносимости.

11.2. Разработка подводных траншей

Способы разработки траншеи под водой зависят от рельефа, геологического строения дна водоема, его гидрологии, сроков строительства и объемов работ. Правильный выбор способа разработки и средств механи-

зации является важнейшим условием для выполнения работ в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами труда.

При пересечении ручьев, малых рек и каналов небольшой глубины траншею разрабатывают экскаватором, предварительно оградив место производства работ перемычками и временно отведя поток воды в новое русло.

Отгороженную часть осушают путем откачки воды и последующего водоотлива на протяжении всего срока строительства перехода. В этом случае все работы производят так же, как при строительстве трубопровода в обычных условиях.

Наиболее простым механическим устройством для разработки подводных траншей является канатно-скреперная установка. Скреперными установками можно разрабатывать все виды грунта, включая и разрыхленную скалу, на реках шириной до 200 м со скоростью течения воды до 2,5 м/с. Ширина траншеи, отрываемая скрепером, определяется размерами ковша и колеблется в пределах от 1 до 2,5 м. Скорость рабочего хода ковша под водой должна быть 0,6–0,7 м/с, скорость холостого хода принимается в 1,5–2 раза больше. Для перемещения скреперного ковша применяют обыкновенную грузовую двухбарабанную лебедку, приводимую в движение электродвигателем или двигателем, установленным на тракторе. Можно применять тракторную лебедку мощностью 4,5 т, смонтированную на тракторе С-100 и представляющую собой мощный, компактный и удобный в работе агрегат. Применяют при необходимости и танковые лебедки, они более мощные.

Для отрывки траншеи на больших судоходных реках можно применять одно- и многочерпаковые земснаряды. Однако применение их ограничивается из-за небольшой глубины опускания рамы. Кроме того, земснарядами нерационально вести разработку подводных траншей в прибрежной полосе с отмелями, где для продвижения самого земснаряда необходимо дополнительно разрабатывать широкие прорезы. Большая производительность отечественных многочерпаковых земснарядов позволяет разрабатывать ими подводные траншеи в очень короткие сроки. Одночерпаковые снаряды с ковшом емкостью от 1 до 5 м³ приспособлены для разработки тяжелых и каменистых грунтов.

Для разработки траншей на судоходных реках методом отсасывания грунта применяют гидроэлеваторы, пневматические грунтососы и землесосные снаряды.

Гидроэлеваторы (высокоструйные эжекторы) применяют при любой глубине водоема для разработки илистых, песчаных и супесчаных грунтов. Высота подъема пульпы над уровнем воды составляет 4–6 м, что позволяет перемещать грунт на большое расстояние и подавать его на невысокий берег. Гидроэлеваторы вертикального типа с давлением подаваемой воды

5–7 атм при диаметре пульпопровода 100 мм могут отсасывать до 150 м³ пульпы в час при среднем содержании грунта в ней до 10%.

Пневматические грунтососы применяют для разработки илистых, песчаных, супесчаных, глинистых и гравелистых грунтов при глубине воды в реке более 5 м. Подъем пульпы над уровнем воды 1–1,5 м, поэтому разрабатываемый грунт выбрасывают в воду ниже по течению реки. Применение пневматических пульпопроводов рационально лишь при малых объемах работ и очистке дна траншеи.

Землесосные снаряды представляют собой установленные на понтонах специальные центробежные насосы, приспособленные для перекачки воды с грунтом. Грунт с водой всасывается насосом через сосун, опускаемый в разрабатываемую траншею, и по напорному трубопроводу подается к месту отвала. Производительность землесосов по грунту составляет от 25 до 400 м³/ч и выше. Землесосы большой производительности оборудованы рыхлителями и могут разрабатывать плотные грунты. Высота всасывания малых землесосных снарядов 3,5–4 м, а мощных – 10 м. Применение землесосов экономически целесообразно при больших объемах земляных работ.

Разработка подводных траншей может осуществляться методом размыва грунта с помощью гидромониторной установки струей воды, создаваемой центробежным насосом, установленным на понтоне или барже. Все виды грунта размываются до слабой разборной скалы включительно. При малом расходе воды (до 100 м³/ч) и напоре до 6 атм размыв грунта гидромонитором производит водолаз. Глубина траншеи при этом не превышает 0,75–1,0 м. При необходимости размыва на большую глубину грунт разрабатывают послойно. Такие установки применяют на небольших переходах. На больших переходах используют мощные гидромониторы УПГМ-360, работа которых более эффективна при большой скорости течения воды в реке, способствующей интенсивному выносу размываемого грунта.

В ряде случаев траншею для трубопровода в песчаном дне реки можно разрабатывать, используя живую силу речного потока. Для этого поперек реки устанавливают деревянные щиты, закрепляют их на сваях. Между низом щита и дном реки оставляют зазор 30–40 см. Вода, проходя под щитами с большой скоростью, размывает грунт, образуя траншею. По мере размыва грунта щиты опускают ниже. При скальных грунтах для устройства траншеи в русле реки применяют взрывной способ работ.

11.3. Способы укладки трубопроводов под водой

При проектировании подводного перехода выбирают наиболее целесообразный для данных условий способ укладки подводного трубопровода, а также наиболее выгодное время производства работ.

Выбор способа укладки во многом зависит от гибкости трубопровода, т.е. возможности изгибаться во время производства работ без понижения прочности. Достаточной гибкостью обладают стальные трубопроводы диаметром до 400 мм со сварными стыками. При большем диаметре жесткость трубопровода повышается. В этом случае укладка может осуществляться с помощью протаскивания по дну траншеи, свободным погружением с постепенным наращиванием секций и звеньев над водой и свободным погружением с заливом водой.

Укладка трубопровода способом протаскивания по дну целесообразна лишь для труб диаметром до 700 мм, т.к. при больших диаметрах требуются значительные средства на пригрузку или устройство разгружающих понтонов.

Этот способ применяют при наличии плавного рельефа над подводной траншеей и береговой полосы (рис. 11.2), на которой располагается строительная площадка. Укладку начинают с укладки на берегу реки в створе перехода узкоколейного пути и рядом с ним стапеля.

Рельсовый путь должен иметь длину, равную длине трубопровода, и уклон в сторону водоема, равный 1–5‰. Смонтированный на стапеле трубопровод переключают на тележки рельсового пути, расстояние между которыми L (м) определяют по формуле

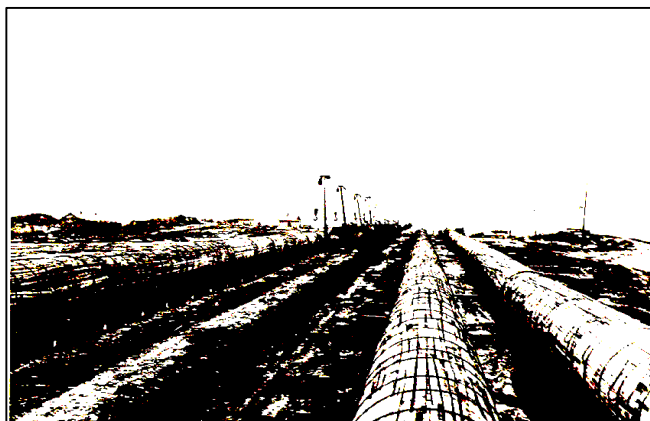


Рис. 11.2. Смонтированные плети дюкеров на пологом берегу реки

$$L = \sqrt{\frac{\delta \cdot W}{\kappa \cdot q}},$$

где δ – допустимое напряжение на изгиб стальных труб, равное 1000 кгс/см²; W – момент сопротивления сечения труб, см³,

$$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D},$$

здесь D – наружный диаметр; d – внутренний диаметр; κ – коэффициент максимального опорного момента многопролетной неразрезной балки, принимаемый от 0,1 до 1,125; q – вес 1 м трубопровода с изоляцией на воздухе, кг.

При длине плети до 200 м узкоколейный путь может быть заменен роликовыми стендом или желобом. Чтобы оградить трубопровод от засорения и облегчить протаскивание, концы плети закрывают заглушками. На конец плети, обращенный к водоему, наваривают специальную конусообразную заглушку (рис. 11.3), являющуюся одновременно оголовком, за который крепят тяговый трос.

Тяговый трос укладывают по оси прокладки на дно вырытой подводной траншеи и закрепляют на барабане тяговой лебедки трактора или же на буксире-катере. Скорость движения плети трубопровода и по дну траншеи от 5 до 10 мм/мин.

Протаскиваемый трубопровод должен иметь запас отрицательной плавучести.

$$q^1 < P,$$

где q^1 – расчетный вес воды, вытесненной 1 м трубопровода, или выталкивающая сила воды на 1 м трубопровода, кг; P – расчетный вес 1 м трубы с изоляцией и футеровкой в воздухе, кг.



Рис. 11.3. Конусообразная заглушка дюкера со шкивом для закрепления тросов

Трубопровод диаметром больше 250 мм имеет положительную плавучесть и требует дополнительной балластировки грузами.

При строительстве подводных переходов через озера и реки большой протяженности применяют *способ укладки* трубопроводов свободным грузением с постепенным наращиванием секций над водой.

Этот способ заключается в следующем: заготовленные на берегу секции трубопровода длиной 24, 36, 48 м и более грузят на баржу-трубоукладчик и доставляют к плавучей базе, где сваривают ранее опущенную и вновь наращиваемую доставленные секции, контролируя качество сварки и изоляции стыка. Максимальная глубина укладки этим способом определяется напряжением, возникающим в трубопроводе в местах изгиба при его опускании.

Угол наклона эстакады укладочной баржи должен соответствовать углу наклона трубопровода в точке сопряжения с эстакадой. Конец первой секции, закрытый заглушкой, прикрепляют к мертвяку в береговой тран-

шее. К другому концу первой секции, закрепленному в зажимах укладочной баржи, приваривают вторую секцию, после чего баржу передвигают по трассе перехода на длину секции и так продолжают до окончания работ. При наличии больших глубин и образовании вследствие этого больших пролетов провисания трубопровода укладываемую плетть поддерживают поплавками, которые по мере продвижения баржи и опускания плети снимают. При положительной плавучести плетть со стороны берега заполняют водой. Этот способ нашел применение также и при прокладке трубопроводов в морских условиях.

Способ свободного погружения трубопровода с заливом водой пригоден для прокладки трубопровода при любом рельефе трассы подводного перехода, большом диапазоне диаметров труб и различных глубинах судоходных рек со скоростью течения реки не более 2 м/с. Технология укладки следующая. На стапеле, расположенном вдоль уреза воды, монтируют плетть. К головному концу плети приваривают вентиль для подачи воды диаметром 10–150 мм и вентиль диаметром 50 мм для выпуска воздуха. Подготовленную для укладки плетть спускают со стапеля на воду и заводят в створ перехода над траншеей с последующей корректировкой.

При малых глубинах положение трубопровода закрепляют путем забивки свай; при больших глубинах – с помощью тросовых растяжек, закрепленных на плавучих средствах или на якорях, расположенных выше створа перехода. Затем в головной конец трубопровода заливают воду, конец трубопровода изгибается в вертикальной плоскости и постепенно погружается на дно траншеи. При этом необходимо следить, чтобы в трубопроводе не образовывались воздушные мешки.

11.4. Укладка трубопроводов в зимних условиях

В зимнее время большинство водоемов покрыто льдом значительной толщины. Использование этой ледяной толщи во многих случаях позволяет ускорить и удешевить работы по укладке надводных трубопроводов, а также предотвратить те осложнения, которые возникают летом, особенно на судоходных реках. Способ опускания трубопровода со льда может быть применен при любом диаметре труб, но при скорости течения реки не более 2 м/с. Для его осуществления по трассе подводного перехода делают майну (прорубь), ширина которой определяется методом производства земляных работ и возможностью свободного прохода трубопровода при опускании.

Наиболее целесообразным методом устройства майны является выпиливание льда электроприводными дисковыми пилами. Производительность пилы с одной режущей кромкой и электродвигателем мощностью

8 кВт при толщине ледового покрова 40 см составляет 180 м/ч. Для устройства майны можно использовать специальные машины-бары, навешанные на трактор. Можно использовать взрывной способ устройства майны, но при этом образуются неровные кромки льда, что является существенным недостатком этого способа. Поперек майны укладывают лежни, на которых собирают трубопровод. Затем над майной устанавливают деревянные козлы с таями и погружают трубопровод на дно подготовленной траншеи так же, как со стационарных или с плавучих опор.

На реках со скоростью течения воды более 0,5 м/с для предотвращения сноса трубопровода при его погружении применяют оттяжки или направляющие сваи. Лебедки оттяжек следует устанавливать на расстоянии 25–30 м от края майны вверх по течению реки, а тросы оттяжек пропускать под лед в небольшие проруби, сделанные перед майной.

Контрольные вопросы

1. Что такое дюкер?
2. Какие способы гидроизоляции дюкеров вы знаете?
3. Какие способы устройства подводной траншеи существуют?
4. Какова технология разработки подводных траншей с помощью землеснарядов?
5. Какова технология разработка подводных траншей с помощью одночерпаковых снарядов?
6. Какова технология устройства подводных траншей с помощью земснарядов?
7. Что такое пульпа?
8. Какие способы укладки труб в траншее вы знаете?
9. Какова технология укладки труб способом протаскивания?
10. Какова технология укладки труб способом свободного погружения?
11. Какова технология укладки труб со льда?

Библиографический список

1. Тулаев, А.Я. Строительство улиц и городских дорог / А.Я. Тулаев. – М. : Стройиздат, 1987. – Ч. 1. – 480 с.
2. Гольдин, Э.М. Технология строительства городских улиц/ Э. М. Гольдин, Е.Н.Дубровин – М. : Высшая школа, 1974. – 440 с.
3. Маковский, Л.В. Городские подземные транспортные сооружения/ Л.В. Маковский. – М. : Стройиздат, 1985. – 439 с.
4. СП 42.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89. Градостроительство. Планировка, застройка городских и сельских поселений. – М. : ГП ЦПП, 1994.
5. СП 31.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02–84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М. : Стройиздат, 1985.
6. СП 32.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03 – 85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М. : Стройиздат, 1981.
7. Степанец, В.Г. Инженерные сети и оборудование/ В.Г. Степанец. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2005. – 116 с.
8. ГОСТ Р 51232–98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – Введ. 1998–12–17. – М. : Госстандарт, 1998.
9. ГОСТ 5525–88. Части соединительные чугунные, изготовленные литьем в песчаные формы для трубопроводов. Технические условия. – Введ. 29.06.1988 – М. : Госстандарт, 1998.
10. ГОСТ 10704–91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент. – Введ. 1991–11–15. – М. : Госстандарт, 1991.
11. ГОСТ 8696–74. Трубы стальные электросварные со спиральным швом общего назначения. Технические условия. – Введ. 1974–06–11. – М. : Госстандарт, 1974.
12. ГОСТ 539–80. Трубы и муфты асбестоцементные напорные. Технические условия. – Введ. 1980–10–15. – М. : Госстандарт, 1980.
13. ГОСТ 12586.0–83. Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. Технические условия. – Введ. 1983–10–31. – М. : Госстандарт, 1983.
14. ГОСТ 18599–2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. – Введ. 2001–11–01. – М. : Госстандарт, 2001, № 20.
15. Погодин, Л.В. Инженерные сети, инженерная подготовка и оборудование территорий, зданий и сооружений : учебник/ Л.В. Погодин. – М. : Изд-во Торговая корпорация «Дашков и К», 2007. – 476 с.
16. Алексеев, М.И. Городские инженерные сети и коллекторы / М.И. Алексеев [и др.]. – М. : Стройиздат, 1990.
17. СП 12-135–2003. Безопасность труда в строительстве. Отраслевые типовые инструкции по охране труда. Актуализированная редакция СНиП 12–03–2001. Безопасность труда в строительстве. – М. : Стройиздат, 2003.
18. СП 45.13330–2017. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01–87. Земляные сооружения. Основания и фундаменты. – М., 2017.
19. Насонов, И.Д. Технология строительства подземных сооружений/ И.Д. Насонов, В.А. Федюкин, М.Н. Шуплик [и др.]. – М. : Недра, 1992. – 351 с.
20. ЕНиР сб. Е2. Земляные работы. – М. : Стройиздат, 1988.
21. ЕНиР сб. Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. – М. : Стройиздат, 1988.
22. ЕНиР сб. Е4. Вып. 3. Мосты и трубы. – М. : Стройиздат, 1988.
23. СП 34.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.

24. Бухарин, Е.Н. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений : учебник / Е.Н. Бухарин, В. М. Овсянников, К. С. Орлов [и др.]. – М. : Высшая школа, 2011. – 415 с.
25. Шальнов, А.П. Технология и организация строителъств водопроводных и канализационных сетей и сооружений / А.П. Шальнов, Г.И. Яковлев. – М. : Стройиздат, 1981. – 310 с.
26. Болдырева, Л.А. Инженерная подготовка строительных площадок и благоустройство территорий / Л.А. Болдырева, А.П. Левизин, Н. К. Миропольская [и др.]. – М. : Стройиздат, 1985. – 256 с.
27. Сборник 21. Общие производственные нормы расхода материалов в строительстве. – М. : Стройиздат, 1983.
28. Перешивкина, А.К. Справочник строителя. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / А.К. Перешивкина. – М. : Стройиздат, 1988.

Извлечение из СНиП 2.07.01–89, табл. 14

Инженерные сети	Расстояние, м, по горизонтали (в свету) от подземных сетей до								
	фундаментов зданий и сооружений	фундаментов ограждений предприятий, эстакад, опор контактной сети и связи, железных дорог	оси крайнего пути		бортового камня улицы, дорог и (кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины)	наружной бровки кювета или подошвы насыпи дороги	фундаментов опор воздушных линий электропередачи напряжением		
			железных дорог колеи 1520 мм, но не менее глубины траншей до подошвы насыпи и бровки выемки	железных дорог колеи 750 мм и трамвая			до 1 кВ наружного освещения, контактной сети трамваев и троллейбусов	св. 1 до 35 кВ	св. 35 до 110 кВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Водопровод и напорная канализация	5	3	4	2,8	2	1	1	2	3
Самотечная канализация (бытовая и дождевая)	3	1,5	4	2,8	1,5	1	1	2	3
Дренаж	3	1	4	2,8	1,5	1	1	2	3
Сопутствующий дренаж	0,4	0,4	0,4	0	0,4	-	-	-	-
Газопроводы горючих газов давления, МПа (кгс/см ²):									
низкого:									
до 0,005 (0,05)	2	1	3,8	2,8	1,5	1	1	5	10
среднего:									
св. 0,005 (0,05) до 0,3 (3)	4	1	4,8	2,8	1,5	1	1	5	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВЫСОКОГО:									
св. 0,3 (3) до 0,6 (6)	7	1	7,8	3,8	2,5	1	1	5	10
св. 0,6 (6) до 1,2 (12)	10	1	10,8	3,8	2,5	2	1	5	10
Тепловые сети:									
от наружной стенки канала, тоннеля	2 (см. прим. 3)	1,5	4	2,8	1,5	1	1	2	3
от оболочки бесканальной прокладки	5	1,5	4	2,8	1,5	1	1	2	3
Кабельные сети:									
кабели силовые всех напряжений и кабели связи	0,6	0,5	3,2	2,8	1,5	1	0,5*	5*	10*

* Относится только к расстояниям от силовых кабелей.

Примечания: 1. Для климатических подрайонов IA, IB, IC и ID расстояние от подземных сетей (водопровода, бытовой и дождевой канализации, дренажей, тепловых сетей) при строительстве с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований следует принимать по техническому расчету.

2. Допускается предусматривать прокладку подземных инженерных сетей в пределах фундаментов опор и эстакад трубопроводов, контактной сети при условии выполнения мер, исключающих возможность повреждения сетей в случае осадки фундаментов, а также повреждения фундаментов при аварии на этих сетях. При размещении инженерных сетей, подлежащих прокладке с применением строительного водопонижения, расстояние их до зданий и сооружений следует устанавливать с учетом зоны возможного нарушения прочности грунтов оснований.

3. Расстояния от тепловых сетей при бесканальной прокладке до зданий и сооружений следует принимать как для водопровода.

4. Расстояния от силовых кабелей напряжением 110–220 кВ до фундаментов ограждений предприятий, эстакад, опор контактной сети и линий связи следует принимать 1,5 м.

5*. Расстояния по горизонтали от обделок подземных сооружений метрополитена из чугунных тубингов, а также из железобетона или бетона с оклеечной гидроизоляцией, расположенных на глубине менее 20 м (от верха обделки до поверхности земли), следует принимать до сетей канализации, водопровода, тепловых сетей – 5 м; от обделок без оклеечной гидроизоляции до сетей канализации – 6 м; для остальных водонесущих сетей – 8 м; расстояние от обделок до кабелей принимать: напряжением до 10 кВ – 1 м; до 35 кВ – 3 м.

6. В орошаемых районах при непросадочных грунтах расстояние от подземных инженерных сетей до оросительных каналов следует принимать (до бровки каналов): 1 м – от газопровода низкого и среднего давления, а также от водопроводов, канализации, водостоков и трубопроводов горючих жидкостей; 2 м – от газопроводов высокого давления до 0,6 МПа (6 кгс/см²), теплопроводов, хозяйственно-бытовой и дождевой канализации; 1,5 м – от силовых кабелей и кабелей связи; расстояние от оросительных каналов уличной сети до фундаментов зданий и сооружений – 5 м.

Извлечение из СНиП 2.07.01 – 89, табл. 15

Инженерные сети	Расстояние, м, по горизонтали (в свету) до												
	водопровода	канализации бытовой	дренажа и дождевой канализации	газопроводов давления, МПа (кгс/см ²)				кабелей силовых всех напряжений	кабелей связи	тепловых сетей		каналов, тоннелей	наружных пневмосоросопроводов
				низкого до 0,005 (0,05)	среднего св.0,005 (0,05) до 0,3 (3)	высокого				наружная стенка канала, тоннеля	оболочка бесканальной прокладки		
						св.0,3 (3) до 0,6 (6)	св.0,6 (6) до 1,2 (12)						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Водопровод	См. прим. 1	См. прим. 2	1,5	1	1	1,5	2	0,5*	0,5	1,5	1,5	1,5	1
Канализация бытовая	См. прим. 2	0,4	0,4	1	1,5	2	5	0,5*	0,5	1	1	1	1
Дождевая канализация	1,5	0,4	0,4	1	1,5	2	5	0,5*	0,5	1	1	1	1
Газопроводы давления, МПа (кгс/см ²):													
низкого до 0,005 (0,05)	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	2	1	2	1
среднего св. 0,005 (0,05) до 0,3 (3)	1	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	2	1	2	1,5
высокого:													
св. 0,3 (3) до 0,6 (6)	1,5	2	2	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	2	1,5	2	2
св. 0,6 (6) до 1,2 (12)	2	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	1	4	2	4	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Кабели силовые всех напряжений	0,5*	,05*	0,5*	1	1	1	2	0,1-0,5*	0,5	2	2	2	1,5
Кабели связи	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	-	1	1	1	1
Тепловые сети:													
от наружной стенки канала, тоннеля	1,5	1	1	2	2	2	4	2	1	-	-	2	1
от оболочки бесканальной прокладки	1,5	1	1	1	1	1,5	2	2	1	-	-	2	1
Каналы, тоннели	1,5	1	1	2	2	2	4	2	1	2	2	-	1
Наружные пневмомусоропроводы	1	1	1	1	1,5	2	2	1,5	1	1	1	1	-

Примечания:

1. * В соответствии с требованиями разд. 2 Правил устройства электроустановок (ПУЭ), утвержденных Минэнерго СССР по согласованию с Госстроем СССР.

2. При параллельной прокладке нескольких линий водопровода расстояние между ними следует принимать в зависимости от технических и инженерно-геологических условий в соответствии со СНиП 2.04.02–84.

3. Расстояние от бытовой канализации до хозяйственно-питьевого водопровода следует принимать: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб – 5 м; до водопровода из чугунных труб диаметром до 200 мм – 1,5 м; диаметром свыше 200 мм – 3 м; до водопровода из пластмассовых труб – 1,5 м.

Расстояние между сетями канализации и производственного водопровода в зависимости от материала и диаметра труб, а также от номенклатуры и характеристики грунтов должно быть 1,5 м.

4. При параллельной прокладке газопроводов для труб диаметром до 300 мм расстояние между ними (в свету) допускается принимать 0,4 м, более 300 мм – 0,5 м при совместном размещении в одной траншее двух и более газопроводов.

**Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления
в населенных пунктах**

Степень благоустройства районов жилой застройки	Норма на одного жителя среднесуточная (за год), л/сут
Здания, оборудованные внутренним водопроводом и канализацией, без ванн	125 — 160
Здания, оборудованные внутренним водопроводом, канализацией и ваннами с местными водонагревателями	160 — 230
Здания, оборудованные внутренним водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения	230 — 350

Примечания: 1. Для районов застройки зданиями с водопользованием из водоразборных колонок среднесуточную (за год) норму водопотребления на одного жителя следует принимать в пределах 30 — 50 л/сут.

2. Нормами водопотребления учтен расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды для домов отдыха, санаториев и пионерских лагерей.

3. Выбор норм водопотребления в пределах, указанных в таблице, следует производить с учетом природно-климатических условий, мощности источника водоснабжения, степени благоустройства, этажности застройки, уклада жизни населения и других местных условий.

Нормы потребления воды на строительных площадках

Потребители	Количество потребляемой воды
1	2
<p>Вода для земляных работ, расходуемая на: обеспечение нормальной эксплуатации землеройных машин, оборудованных двигателями внутреннего сгорания</p> <p>устройство насыпей с искусственным уплотнением грунтов</p>	<p>10... 15 л на 1 маш.-смену</p> <p>0,13...0,16 м³ на 1 м³ насыпи</p>
<p>Вода для бетонных и железобетонных, каменных и штукатурных работ, расходуемая на:</p> <p>промывку заполнителей бетона</p> <p>приготовление бетона</p> <p>выполнение кирпичной кладки</p> <p>выполнение штукатурных работ</p> <p>гашение извести</p>	<p>0,5...1 м³ на 1 м³ щебня или гравия</p> <p>1,25...1,5 м³ на 1 м³ песка</p> <p>0,2...0,4 м³ на 1 м³ бетона</p> <p>1,0...1,2 м³ воды на 1 м³ кладки</p> <p>0,002...0,008 м³ на 1 м² поверхности</p> <p>2,5...3 м³ на 1 т извести</p>
<p>На временных силовых станциях, оборудованных двигателями внутреннего сгорания</p>	<p>0,015...0,04 м³/ч</p>

Окончание прил. 4

1	2
На компрессорных станциях	0,015...0,03 м ³ на 1 м ³ подаваемого воздуха
Для нужд построечного транспорта вода расходуется на заливку радиаторов машин и их мойку из расчета на: одну легковую машину одну грузовую машину один трактор	0,3...0,4 м ³ 0,5...0,6 м ³ 0,3...0,6 м ³

Нормы расхода воды потребителями

Водопотребители	Измеритель	Нормы расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с (л/ч)	
		в средние сутки		в сутки наибольшего водопотребления		в час наибольшего водопотребления		общий (холодной и горячей) $q_0^{tot} (q_{0,hr}^{tot})$	холодной или горячей $q_0^c * q_0^h$ $(q_{0,hr}^c * q_{0,hr}^h)$
		общая (в том числе горячей) $q_{u,m}^{tot}$	горячей $q_{u,m}^h$	общая (в том числе горячей) q_u^{tot}	горячей q_u^h	общая (в том числе горячей) $q_{hr,u}^{tot}$	горячей $q_{hr,u}^{tot}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Жилые дома квартирного типа: с водопроводом, канализацией и ванными с газовыми водонагревателями	1 житель	190	–	225	–	10,5	–	0,3 (300)	0,3 (300)
с быстродействующими газовыми нагревателями и многоточечным водоразбором	То же	210	–	250	–	13	–	0,3 (300)	0,3 (300)
с централизованным горячим водоснабжением	–«–	195	85	230	100	12,5	7,9	0,2 (100)	0,14 (60)

Окончание прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
оборудованные умывальниками, мойками и душами с сидячими ваннами	1 житель	230	90	275	110	14,3	9,2	0,3 (300)	0,2 (200)
оборудованные душами с ванной длиной от 1500 до 1700 мм	То же	250	105	300	120	15,6	10	0,3 (300)	0,2 (200)
оборудованные душами высотой св. 12 этажей с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к их благоустройству	-«-	360	115	400	130	20	10,9	0,3 (300)	0,2 (200)

Нормы водопотребления на промышленных предприятиях

Цехи	Норма на одного человека, л/смену	Коэффициент часовой неравномерности водопотребления
С тепловыделениями более 23,2 Вт/м ³	45	2,5
Остальные	25	3

Нормы водоотведения бытовых сточных вод (л/сут) для районов жилой застройки населенных мест

Степень благоустройства районов жилой застройки	Среднесуточная (за год)	В сутки наибольшего водоотведения (максимальная суточная)
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125 — 150	140 — 170
То же с газоснабжением	130 — 160	150 — 180
Застройка зданиями, оборудованными водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе	150—180	170 — 200
То же с газовыми водонагревателями	180—230	200 — 250
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения	275—400	300 — 420

Общие коэффициенты неравномерности водоотведения бытовых сточных вод для расчета сети

Средний расход сточных вод, л/с	8	15	30	50	100	200	300	500	800	1250 и более
Общий коэффициент неравномерности водоотведения $K_{общ}$	2,2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15

Плотность населения по жилым территориям (при норме жилой площади 12 м² на одного человека)

Классификация городов по группам	Численность населения, тыс. человек	Этажность застройки города, %				Средняя плотность жилого фонда, м ³ /га			Средняя плотность населения, чел./га		
		-	10	0	40	2380	1700	1035	200	140	86
Малые	До 50	-	10	0	40	2380	1700	1035	200	140	86
Средние	50-100	-	50	3	15	3195	2165	1134	270	180	95
Большие	100-250	-	60	5	10	3390	2270	1143	285	190	95
Крупные	Более 250	10	70	30	5	3935	2540	1143	330	210	95

Характеристики грунтов

Грунт	Плотность сухого грунта, кг/м ³				Оптимальная влажность (массовая доля), %
	естественного сложения	насыпная	при стандартном уплотнении	истинная	
Песок крупный и гравелистый	1560-1710	1290-1410	1740-1780	2650-2670	6
Песок средней крупности	1560-1710	1340-1370	1740-1780	2650-2670	8
Песок мелкий и пылеватый	1470-1510	1170-1200	1650-1690	2650-2670	10
Супесь легкая	1510-1680	1310-1500	1700-1750	2680-2720	9-11
Супесь пылеватая	1510-1640	1300-1460	1700-1850	2690-2720	9-13
Суглинок легкий	1560-1690	1390-1480	1600-1800	2690-2720	14-17
Суглинок тяжелый	1580-1740	1410-1450	1700-1800	2690-2740	16-18
Глина пылеватая	1640-1830	1440-1550	1650-1750	2740-2800	18-20

Характеристики строительных материалов

Материал	Плотность насыпная, кг/м ³	Коэффициент запаса на уплотнение
Цемент	1400	-
Битум нефтяной	980	-
Щебень: изверженных пород	1600-1800	1,25-1,30
осадочных пород	1200-1300	
Гравийный материал	1300-1400	1,25-1,30
Шлак: металлургический	1400-1600	1,3
котельный	700	1,5
Цементогрунт	1400-1600	1,25
Щебень, обработанный цементом, тощий бетон	1700-1900	1,20-1,25
Цементобетонная смесь	1900-2050	1,15
Асфальтобетонная смесь	1650-1900	1,25-1,3
Пенобетон, газобетон	350-600	-
Перлитобетон	500-1400	-
Минеральная вата	100-150	-
Битумоцементоперлит	600	-

Крутизна откосов траншей

Наименование грунта	Наибольшая допустимая крутизна откосов при глубине траншеи, м			
	в сухих грунтах			в водонасыщенных грунтах
	до 1,5	1,5 – 3,0	3,0 – 5,0	до 5
Насыпной	63° 1:0,5	45° 1:1	38° 1:1,25	38° 1:1,25
Песчаный гравелистый	63° 1:0,5	45° 1:1	45° 1:1	38° 1:1,25
Супесь	76° 1:0,25	56° 1:0,67	50° 1:0,85	45° 1:1
Суглинок	90° 1:0	63° 1:0,5	53° 1:0,75	45° 1:1
Глина	90° 1:0	76° 1:0,25	63° 1:0,5	45° 1:1

Ширина траншей под трубопроводы, м

Способ укладки трубопроводов	Стыковое соединение		
	сварное	раструбное	фланцевое
Плетями или отдельными секциями при наружном диаметре труб Д, м: до 0,7 включ. св. 0,7	Д+0,3, но не менее 0,7 1,5Д	– –	– –
Отдельными трубами при наружном диаметре труб Д, м, включ.: до 0,5 от 0,5 до 1,6 от 1,6 до 3,5	Д+0,5 Д+0,8 Д+1,4	Д+0,6 Д+1,0 Д+1,4	Д+0,8 Д+1,2 Д+1,4

Трубы, стыковые соединения и размеры приямков

Трубы	Стыковое соединение	Уплотнитель	Условный проход трубопровода, мм	Размеры приямков, м		
				длина	ширина	глубина
Стальные	Сварное	—	Для всех диаметров	1,0	D+1,2	0,7
Чугунные	Раструбное	Резиновая манжета	До 300 включ.	0,5	D+0,2	0,1
		Пеньковая прядь	До 300 включ.	0,55	D+0,5	0,3
		Герметики	Св. 300	1,0	D+0,7	0,4
			До 300 включ.	0,5	D+0,5	0,2
Асбестоцементные	Муфта типа САМ	Резиновое кольцо фигурного сечения	До 300 включ.	0,7	D+0,2	0,2
			Св. 300	0,7	D+0,5	0,2
	Чугунная фланцевая муфта	Резиновое кольцо круглого сечения и типа КЧМ	До 300 включ.	0,7	D+0,5	0,3
			Св. 300	0,9	D+0,7	0,3
Любое для бензонапорных труб	Любой	До 400 включ.	0,7	D+0,5	0,2	
Бетонные и железобетонные	Раструбное муфтовое и с бетонным пояском	Резиновое кольцо круглого сечения	До 600 включ.	0,5	D+0,5	0,2
			От 600 до 3500	1,0	D+0,5	0,3
Пластмассовые	Все виды стыковых соединений	Асфальтобитум	Для всех диаметров	0,6	D+0,5	0,2
Керамические	Раструбное	Герметик и др.	То же	0,5	D+0,6	0,3

Примечания: 1. D – наружный диаметр трубопровода в стыке.

2. Для других конструкций стыков и диаметров трубопроводов размеры приямков следует устанавливать в проекте.

Возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод

Грунт рабочего слоя	Дорожно-климатическая зона			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	<u>1,1</u>	<u>0,9</u>	<u>0,75</u>	<u>0,5</u>
	0,9	0,7	0,55	0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	<u>1,5</u>	<u>1,2</u>	<u>1,1</u>	<u>0,8</u>
	1,2	1,0	0,8	0,5
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глины	<u>2,2</u>	<u>1,8</u>	<u>1,5</u>	<u>1,1</u>
	1,6	1,4	1,1	0,8
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	<u>2,4</u>	<u>2,1</u>	<u>1,8</u>	<u>1,2</u>
	1,8	1,5	1,3	0,8

Примечания: 1. Над чертой – возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, под чертой – то же над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод.

2. За расчетный уровень грунтовых вод надлежит принимать максимально возможный осенний (перед промерзанием) уровень за период между восстановлениями прочности дорожных одежд (капитальными ремонтами). В районах, где наблюдаются частые продолжительные оттепели, за расчетный следует принимать максимально возможный уровень грунтовых вод требуемой вероятности превышения в период его сезонного максимума. Положение расчетного уровня грунтовых вод следует устанавливать по данным разовых краткосрочных замеров на период изысканий и прогнозов, составляемых институтом ВСЕГИНГЕО. При отсутствии указанных данных, а также при наличии верховодки за расчетный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оголения грунтов.

3. Возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем подземных вод или уровнем поверхностных вод или слабо- и среднесоленых грунтах следует увеличивать на 20% (для суглинков и глин – 30%), а при сильносоленых грунтах – на 40 – 60%.

4. В районах постоянного искусственного орошения возвышение поверхности покрытия над зимне-весенним уровнем грунтовых вод в IV, V зонах следует увеличивать на 0,4 м, а в III зоне – на 0,2 м.

Размер недобора грунта в котлованах и траншеях при разработке их различными землеройными машинами

Машины	Емкость ковша, м ³	Глубина недобора грунта, м
Экскаватор с прямой лопатой	0,15	0,1
	0,35	0,15
	0,5-1	0,2
	2 и более	0,3
Экскаватор с обратной лопатой	0,15-0,35	0,15
	0,35-0,5	0,2
	0,5-0,65	0,25
Экскаватор с драглайном	0,25-0,5	0,2
	0,5-1	0,25
	1-1	0,3
Экскаватор траншейный	-	0,1

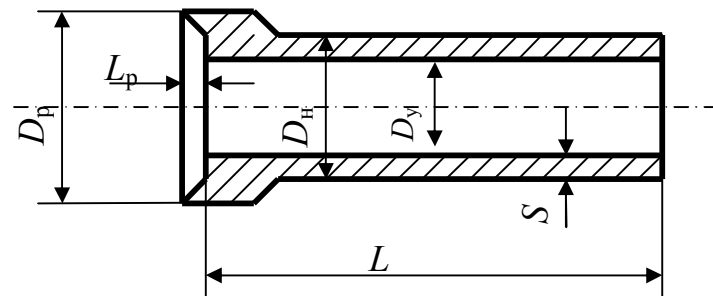
Трубы асбестоцементные для безнапорных трубопроводов

Условный проход трубы, мм	Диаметр, мм		Толщина стенки, мм	Длина, мм	Масса справочная 1 п. м трубы, кг
	внутренний	наружный			
1	2	3	4	5	6
Трубы					
100	100	118	9	2950	18
150	141	161	10	2950	28
200	189	211	11	2950	52
300	279	307	14	3950	99
400	368	402	17	3950	160

Окончание прил.17

1	2	3	4	5	6
Муфты					
100	140	160	10	150	1,4
150	188	212	12	150	2,0
200	234	262	14	150	3,0
300	334	366	16	150	5,0
400	441	477	18	180	9,0

Трубы железобетонные, нормальной (н) и повышенной (у) прочности, раструбные



Диаметр условного прохода D_y , мм	Марка труб		S , мм	L , мм	D_H , мм	D_p , мм	L_p , мм	Кольцевой зазор, мм	Ширина подошвы, мм	Масса труб справочная, кг	
	круглых	с плоской подошвой								круглых	с плоской подошвой
<i>С раструбом, тип А</i>											
600	<u>РТ-6н</u> РТ-6у	<u>РТП-6н</u> РТП-6у	60	5000	720	750	100	15	480	1700	2200
800	<u>РТ-8н</u> РТ-8у	<u>РТП-6н</u> РТП-6у	80	5000	960	990	110	15	640	3000	3600
1000	<u>РТ-10н</u> РТ-10у	<u>РТП-6н</u> РТП-6у	100	5000	1200	1230	110	15	800	4800	5800
1200	<u>РТ-12н</u> РТ-12у	<u>РТП-6н</u> РТП-6у	110	5000	1420	1450	110	15	960	6300	7450
1400	<u>РТ-14н</u> РТ-14у	<u>РТП-6н</u> РТП-6у	110	5000	1620	1650	110	15	1200	7000	8800
1600	<u>РТ-16н</u> РТ-16у	<u>РТП-6н</u> РТП-6у	120	5000	1840	1870	110	15	1200	8000	10100

Смотровые колодцы канализационные круглые из сборного железобетона

а) Колодцы линейные

Номер колодца	Диаметр колодца D_k , мм	Диаметр трубы D_y , мм		Высота колодца, мм	Глубина лотка, мм	Объем бетона лотка, м ³
		входящий	выходящий			
9	1000	600	600	2250	700	0,68
12	1500	700	700	2350	800	1,59
15	1500	800	800	2500	950	1,69
18	1500	900	900	2600	1050	1,68
19	2000	1000	1000	2700	1150	1,65
21	2000	1200	1200	2900	1350	3,21

б) Колодцы поворотные

Номер колодца	Диаметр колодца D_k , мм	Диаметр трубы D_y , мм		Высота колодца, мм	Глубина лотка, мм	Объем бетона лотка, м ³	Угол поворота, град
		входящий	выходящий				
30	1500	600	600	2250	700	1,52	15-90
31	1500	700	700	2350	800	1,59	15-90
32	2000	800	800	2500	950	3,14	15-90
33	2000	900	900	2600	1050	3,23	15-90
34	2000	1000	1000	2700	1150	3,30	15-80
35	-	1200	1200	2900	1350	3,21	15-80

в) Колодцы узловые с одним присоединением

Номер колодца	Диаметр колодца D_k , мм	Диаметр трубы D_y , мм			Высота колодца, мм	Глубина лотка, мм	Объем бетона лотка, м ³
		входящий	присоединяемый	выходящий			
54	1500	600	250-300	700	2350	800	1,49
57	2000	700	250-450	800	2500	950	2,95
60	2000	800	300-400	900	2600	1050	3,12
63	2000	900	300-500	1000	2700	1150	2,93
65	2000	1000	300-500	1200	2900	1350	2,92
66	2000	1200	150-200	1200	2900	1350	2,98

Сборные железобетонные элементы круглых камер и колодцев

Изделие	Марка изделия	Внутренний диаметр колец и лазов, мм	Наружный диаметр, мм	Высота колец, мм	Толщина изделия, мм	Масса справочная, кг	Объем бетона, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Кольцо стеновое	КС10-2	1000	1160	890	80	610	0,24
	КС15-2	1500	1680	890	90	1000	0,40
	КС20-2	2000	2200	890	100	1470	0,59
Плита днища	ПД10-1-1	-	1500	-	100	440	0,18
	ПД15-1-1	-	2000	-	120	940	0,38
	ПД20-1-1	-	2500	-	120	1470	0,59
Кольцо опорное	КО7-1	580	840	-	70	50	0,02
Плита перекрытия	ПП10-1-1	700	1160	-	150	450	0,10
	ПП15-1-1	700	1680	-	150	690	0,28
	ПП20-1-1	700	2200	-	150	1280	0,51

Окончание прил. 20

1	2	3	4	5	6	7	8
Плита дорожная	ПНЛ1-1	930 (590)	-	-	220	2120	0,85

Приложение 21

Дождеприемные колодцы ливневой канализации из сборного железобетона

Тип колодца	Глубина колодца, мм	Диаметр труб D_y , мм	Изделие	Марка изделия	Масса справочная, кг	Объем бетона, м ³
ДК-1 ДК-2	1130	300-400	Днище	ПД7-1-1	150	0,07
			Кольцо	КС7-2-18	350	0,14
			Лоток	Монолитный бетон М-200	-	0,03
			Плита	ПП7-40-1-1	150	0,06
			Люк	L_n	53	-
				P_n	48,8	-

Приложение 22

Технические характеристики малогабаритных уплотнителей грунта

Марка уплотнителя	Производительность, м ³ /смену		Толщина уплотненного слоя, см		Габариты уплотняющего органа, см
	связные	несвязные	связные	несвязные	
1	2	3	4	5	6
Самопередвигающаяся трамбуемая плита ВУТ-3	80-100	-	25...30	-	55x93
Подвесная трамбовка ПВТ-3	400	640	60	80	100x100

Окончание прил. 22

1	2	3	4	5	6
Ручная трамбовка:					
ИЭ-4506	-	35	-	15	25x25
ИЭ-4505	-	56	-	20	25x25
ИЭ-4504	176	256	40	50	25x25
ИЭ-4502	120	176	30	40	25x25

Приложение 23

**Допустимые расстояния от опор грузоподъемных кранов и машин
до бровки траншеи, м**

Глубина траншеи, м	Вид грунта			
	песчаный	супесчаный	суглинистый	глинистый
1	1,5	1,25	1,0	1,0
2	3,0	2,4	2,0	1,5
3	4,0	3,6	3,25	1,75
4	5,0	4,4	4,0	3,0
5	6,0	5,3	4,75	3,5

Одноковшовые экскаваторы

Марка машины	Тип машины	Сменное рабочее оборудование	Вместимость ковша, м ³	R_k , м	R_p , м	H_k , м	H_p , м
ЭО-2621А	На пневмоколесном ходу	Обратная лопата	0,25	4,9	2,7	3,0	2,6
		Грейфер	0,3	4,9	2,7	3,0	2,6
ЭО-2131А	На пневмоколесном ходу	Планировочный ковш	0,4	6,8	5,5	3,2	2,8
ЭО-3332	На гусеничном ходу с телескопической стрелой	Обратная лопата, планировочный ковш	0,4	10,8	10,8	5,9	5,3
ЭО-3311Г	На пневмоколесном ходу	Обратная лопата	0,4	7,8	6,8	4,2	5,4
		Даглайн		11,1	10	7,8	3,8
ЭО-3322Б	На пневмоколесном ходу	Обратная лопата	0,5	8,2	7,2	5	5,1
		Грейфер	0,35	7,4	7,4	5,5	3,6
Э-5015	На гусеничном ходу	Обратная лопата	0,5	7	4,9	4,5	3,9
Грейфер	6,8	6,8		5,0	2,2		
ЭО-4321	На пневмоколесном ходу	Обратная лопата	0,65	8,9	6,1	5,5	5,6
		Грейфер		6,4	6,4	7,1	3,8
ЭО-4112	На гусеничном ходу	Обратная лопата	0,65	9,2	8,1	5,8	6,1
		Драглайн	0,8	14,3	12,5	10,0	5,3
ЭО-4121	На гусеничном ходу	Обратная лопата	0,65	9,2	8,1	5,8	6,1
		Грейфер	0,8	14,3	12,5	10,0	5,3
ЭО-5122	На гусеничном ходу	Обратная лопата	0,65	9,2	8,1	5,8	6,1
		Обратная лопата	0,8	14,3	12,5	10,0	5,3

Экскаваторы непрерывного действия

Марка машины	Тип машины	Ширина траншеи, м	Глубина траншеи, м	Техническая производительность, м ³ /ч
ЭТЦ-165	Цепной скребковый на колесном тракторе МТЗ-82	0,4	1,6	120
ЭТУ-354	Цепной ковшовый на гусеничном тракторе ДТ-75Р	0,8	3,5	140
ЭТЦ-252А	Цепной ковшовый на гусеничном тягаче ТГ-4	1,0	3,5	220
ЭТР-162	Роторный ковшовый на гусеничном тракторе ДТ-75Р	0,3	1,6	300
ЭТР-223	Роторный ковшовый на гусеничном тракторе Т-130.1.Г-1	1,5	2,2	650
ЭТР-253	Роторный ковшовый на гусеничном тракторе ДЭТ-250М	2,1	2,5	1200

Машины для уплотнения грунтов и строительных материалов в стесненных условиях

Марка машины	Тип машины	Масса машин, кг	Ширина уплотняемой полосы, м
1	2	3	4
ИЭ-4503	Электротрамбовка ручная	15	0,15

Окончание прил. 26

1	2	3	4
ИЭ-4502	Электротрамбовка ручная	75	0,30
ИЭ-4504	Электротрамбовка ручная	150	0,40
ВУТ-3	Электротрамбовка ручная самопередвигающаяся	310	0,55
ПВТ-3	Трамбовка навесная на тракторе	2600	1,0
GSD-20	Виброплита ручная самопередвигающаяся с ДВС	200	0,30
SVP-12.5	Виброплита ручная самопередвигающаяся с ДВС	150	0,55
SVP-25	Виброплита ручная самопередвигающаяся с ДВС	270	0,75
SVP-63/1	Виброплита ручная самопередвигающаяся с ДВС	700	0,90
BSD-31.5	Виброплита ручная самопередвигающаяся с ДВС	1200	0,75
BSD-63	Виброплита ручная самопередвигающаяся с ДВС	1400	0,90

Приложение 27

Ориентировочные толщины уплотняемого слоя грунта в зависимости от марок применяемых машин

Марка машины	Рабочая скорость, м/ч	Толщина уплотняемого слоя, м (в плотном теле)				
		грунтов			строительных материалов	
		связных	несвязных	укрепленных	неукрепленных	укрепленных цементом
ИЭ-4503	1000	0,15	0,25	0,15	0,10	0,10
ИЭ-4502	1000	0,25	0,40	0,30	0,20	0,20
ИЭ-4504	1000	0,30	0,50	0,40	0,40	0,30
ВУТ-3	400	0,30	0,50	0,30	0,25	0,25
ПВТ-3	550	0,50	0,80	-	-	-
GSD-20	1000	0,25	0,40	0,25	0,25	0,25
SVP-12,5	900	0,20	0,35	0,20	0,20	0,20
SVP-25	1000	0,25	0,40	0,25	0,25	0,25
SVP-63/1	1000	0,30	0,60	0,30	0,30	0,30
BSD-31,5	600	0,35	0,70	0,35	0,50	0,35
BSD-63	550	0,45	0,90	0,45	0,60	0,45

Стреловые самоходные краны

Марка машины	Тип машины	Грузо-подъемность, т	Высота подъема крюка, м	Расстояние между выносными опорами (габариты ходовой части), м	
				вдоль оси крана	поперек оси крана
ИС-2561К	Автомобильный на базе ЗИД-ГЗО	6,3	8,0	3,6	3,6
КС-3571	Автомобильный на базе МАЗ-500А	10,0	14	3,75	4,3
КС-4571	Автомобильный на базе КрАЗ-257К	16	22	3,75	4,0
КС-5473	Автомобильный на трехосном шасси Ш-253	25	24	5,0	5,2
КС-6471	Автомобильный на трехосном шасси ПС-401	40	27	5,3	5,8
КС-4361А	Пневмоколесный	16	25	4,2	3,6
КС-5363	Пневмоколесный	25	27	4,2	4,2
КС-6362	Пневмоколесный	40	20	5,15	4,6
К -631	Пневмоколесный	63	34	5,9	4,5
К-1001	Пневмоколесный	100	41	5,35	5,3
МКГ-25	Гусеничный	25	32	/3,75/	/3,2/
СКГ-40	Гусеничный	40	35	/3,9/	/4,1/
ДЭК-50	Гусеничный	50	37	/5,0/	/5,0/
СКГ-63А	Гусеничный	63	39	/5,2/	/5,0/
МКГ-ГОО	Гусеничный	100	41	/8,0/	/7,65/
СКГ-160	Гусеничный	160	49	/8,5/	/7,0/

Трубоукладчики

Марка машины	Тип машины	Грузоподъемность, т	Высота подъема крюка, м
ТГ-61	На базе гусеничного трактора ДТ-75Р	6,3	4,8
ТГ-124	На базе гусеничного трактора Т-130.1.Г-1	12,5	5,2
ТГ-201	На гусеничной базе	20,0	5,4
Т-2550	На гусеничной базе	25,0	5,2
Т-3560	На гусеничной базе	35,0	5,2
ТГ-502	На базе гусеничного трактора ТТ-330	50,0	6,5

Кабелеукладчики

Марка машины	Тип машины	Назначение машины	Глубина щели, м	Ширина щели, м	Техническая производительность, км/ч
ПГЗ-2В	Прицепной к гусеничному трактору Т-130.1.Г-1	Разработка щели и укладка кабеля	1,2	0,05	3,0
КУ-2	Прицепной к гусеничному трактору Т-130.1.Г-1	Разработка щели и укладка кабеля	1,2	0,04	3,6
СК-А	На базе ЗИЛ-130	Перевозка и укладка кабеля в траншею	-	-	10

Специализированный автомобильный транспорт


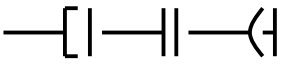
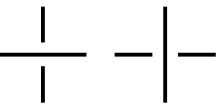
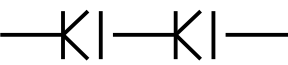
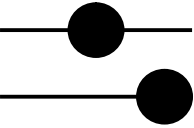
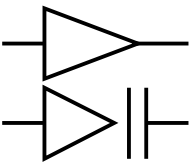
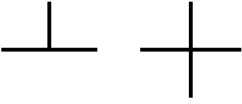
Марка машины	Тип и назначение машины	Грузоподъемность, т	Наибольшая длина труб, м	Средняя скорость, км/ч
1-ПР-5М	Прицеп-ропуск на базе автомобиля ЗИЛ-130 для перевозки труб	5,0	30	20
ПВ-93	Прицеп-ропуск на базе автомобиля Урал-375 для перевозки труб	9,0	30	18
ПВ-204	Прицеп-ропуск на базе автомобиля КрАЗ-255Б для перевозки труб	19,0	30	15
ОдАЗ-885	Полуприцеп на базе автомобиля ЗИЛ-130В1 для перевозки труб	7,5	6,0	20
МАЗ-5245	Полуприцеп на базе автомобиля МАЗ-504А для перевозки труб	14,0	8,0	18
ППК-14	Полуприцеп-платформа на базе автомобиля МАЗ-504Б для перевозки железобетонных труб и блоков	14,0	15,0	18
ПР-25	Полуприцеп-платформа на базе автомобиля КрАЗ-258 для перевозки железобетонных труб и блоков	24,0	17,5	15

Наименьшее расстояние q от бровки траншеи до ближней опоры крана, м

Глубина траншеи, м	Грунт			
	песчаный гравелистый	супесчаный	суглинистый	глинистый
1	1,5	1,25	1,0	1,0
2	2,75	2,4	2,0	1,5
3	4,0	3,6	3,25	2,0
4	5,0	4,4	4,0	2,5
5	6,0	5,3	4,75	3,0

Условные графические обозначения элементов трубопроводов,
арматуры и санитарно-технических устройств

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
1	2	1	2
Вентиль запорный		Мойка кухонная	
Задвижка		Умывальник	
Обратный клапан		Ванна	
Кран водоразборный		Раковина	
Кран поливочный		Унитазы	
Смеситель		Манометр	
Смеситель с поворотным изливом		Гидрозатвор (сифон)	
Смеситель с душевой сеткой		Трубопровод в футляре	
Кран проходной		Ревизия	
Кран писсуарный		Теплоизоляция	
Кран трехходовой		Трубопровод водопровода	
Регулятор давления		Пожарный кран	
Счетчик воды		Насос струйный (эжектор, инжектор, элеватор)	

1	2	1	2
Вибровставка (звукоизоляция)		Конец трубы с пробкой	
Пересечение трубопроводов		Трубопровод кана- лизации	
Трубопровод со стояками		Переходные муфты на трубопроводах	
Соединение трубо- проводов		Колодец на сети	