

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине "Водоотводящие сети"

Содержание конспекта лекций

РАЗДЕЛ 1. СХЕМЫ И СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ, ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Тема 1. Общие сведения о системах водоотведения населенных пунктов

1.1. Введение

В проблеме охраны воды от загрязнения есть две взаимосвязанные основные составляющие — экологическая и экономическая.

По состоянию на 2021г. лишь 1,1 % исходной воды поверхностных источников России соответствуют требованиям к первому классу по качеству воды, обеспечивающему получение кондиционной питьевой воды для централизованных систем водоснабжения при существующих технологиях водоподготовки.

В табл. 1.1 показан водный баланс с учетом использования пресной воды. В настоящее время общие тенденции использования воды продолжают сохраняться.

Таблица 1.1

Водный баланс в Российской Федерации

Отрасль	Водо- потребление	Водоотведение	Использование пресной воды
	куб. км/год		
Сельское хозяйство	217	36	188
Промышленность	91	82	14

Жилищно-коммунальное хозяйство	22	14	9
--------------------------------	----	----	---

С учетом неравномерности распределения водных ресурсов, заключающейся в том, что 80 % речного стока находится в малонаселенной территории России, а 20 % соответственно приходится на области, где сосредоточены около 70 % производственных мощностей и соответствующее количество населения, водообеспечение в этих регионах встречает значительные трудности.

Использование запасов воды бессточных озер и водохранилищ, ледников и болот весьма проблематично в связи с определенным состоянием биологического и экологического равновесия в регионах.

В связи с дефицитом пресной воды возникла задача эффективного использования ее во всех отраслях народного хозяйства. Особо важное значение приобретает высокоэффективное повторно-оборотное использование воды в промышленности и применение в целях мелиорации сточных вод бытового и производственного происхождения.

В промышленности пресная вода применяется в качестве технологических растворов, теплоносителя, для переноса твердых масс в промывочных процессах. В последнем случае вода, являясь универсальным экстрагентом, обладает высокой грязеемкостью, что позволяет эффективно ее использовать. Пресная вода высшего качества - питьевая вода - широко используется в санитарно-бытовых и хозяйственных целях, обеспечивая высокую степень благоустройства жилищ населения городов и сельских мест. Поэтому пресная вода наших открытых водоемов и земных недр является ценным природным сырьем, национальным богатством нашей страны.

В настоящее время имеется явная необходимость в разработке новых высокоэффективных ресурсосберегающих водных технологий, но отсутствует

стимулирующая экономическая методика к развитию повторно-оборотных технологий. Недостаток методик заключается в том, что цена на воду слишком была занижена.

Между относительной стоимостью воды и коэффициентом её качества d имеется зависимость: чем больше степень загрязнения воды, тем ниже ее стоимость (остаточная) и тем выше стоимость затрат на очистку.

Показанная взаимосвязь величин не противоречит физической сущности самого явления и состояния воды и может быть положена в основу экономических расчетов при оценке природных водных ресурсов, при анализе эффективности прямоточных и повторно-оборотных водных технологий.

При принятом за основу представлении о том, что ценность пресной воды уменьшается по мере ее загрязнения, можно сравнивать варианты, при которых наиболее экономичным окажется тот, при котором более эффективно используется вода.

Существенное значение имеет коэффициент качества воды d . Для чистых водоемов, являющихся, как правило, источниками водоснабжения значение коэффициента d близко к 1. Теоретически значение коэффициента d варьируется от 0 до 1.

Действующие в предшествующие годы тарифы на отпускную цену воды не способствовали сбережению и защите водных ресурсов. Как показал анализ, практически отпускная цена была в 5...15 раз ниже реальной стоимости воды.

Научно-обоснованная аналитическая оценка водных ресурсов в различных регионах при разработке технико-экономических сравнений вариантов технологий будет в конечном итоге способствовать рациональному использованию ценного природного ресурса пресной воды и его сбережению.

1.2. Краткая история развития систем водоотведения

Строительство водоотводящих систем обуславливалось необходимостью обеспечения нормальных жилищно-бытовых условий населения городов и населенных мест и поддержания хорошего состояния окружающей природной среды.

О применении воды для удаления нечистот свидетельствуют археологические раскопки древних поселений Вавилонии, Ассирии, Финикии, Египта, Греции и Рима. Для отведения сточных вод в естественные проточные водоемы или для орошения сельскохозяйственных земель иногда строились крупномасштабные гидротехнические сооружения, выложенные кирпичом с обмазочной гидроизоляцией, обеспечивающие пропуск больших водных потоков. Литературные источники свидетельствуют о существовании каналов для отведения дождевых и бытовых сточных вод в Индии и Китае около 5—6 тыс. лет назад. За несколько тысячелетий до нашей эры в ассирийском Саргонском Дворце был построен канал высотой 1,4 м и шириной 1,2 м. Древние греки в Афинах для отведения сточных вод построили канал шириной до 4,2 м. Поражает высокое качество строительных работ. В Древнем Риме в VI в. до н.э. был построен большой закрытый водоотводящий канал «Клоака Максима». Отдельные части этого канала использовались вплоть до начала 20-го столетия н.э. Нашествие варваров разрушило завоевания древней цивилизации. Распространилось средневековое презрение к заботам о чистоте тела, что подорвало в общественном сознании значение санитарно-технических сооружений. Антисанитарное состояние средневековых городов способствовало распространению эпидемий чумы, проказы, оспы, тифа во всех странах Западной Европы.

Промышленное развитие и рост городов в Европе в XIX в. привели к интенсивному строительству водоотводящих каналов. Сильным импульсом к развитию водоотведения городов стала эпидемия холеры в Англии в 1831 г. В последующие годы в этой стране усилиями парламента были реализованы

мероприятия по замене открытых каналов подземными и утверждены нормативы качества сточных вод, сбрасываемых в водоемы, организована биологическая очистка бытовых сточных вод на полях орошения.

Первые водоотводящие сооружения в России были построены в Новгороде в XII в. — бревенчатый канал перекрывался пластинами и берестой. В XIV в. в Москве была проложена водосточная труба от центральной Ивановской площади Кремля до р. Москвы. В XV—XVI вв. в Москве строилась система из деревянных дренажных труб и каналов из кирпича и камня, уложенных с небольшим уклоном.

Вершиной технического прогресса водохозяйственного строительства в Сибири в XVIII в. считается водоснабжение и водоотведение Змеиногорского рудника по добыче золота. Технический прогресс в водоснабжении и водоотведении на Алтае базировался на сложных инженерных разработках наших соотечественников. Алтайский горный округ был в то время одним из главных поставщиков золота в царскую казну, вследствие чего на алтайские рудники и заводы направлялись лучшие специалисты, в их числе «водных дел мастера» с Урала и из Центральной России И.И. Ползунов и К.Д. Фролов.

В XVIII в. в Петербурге были построены кирпичные водостоки по набережной р. Невы на Васильевском острове. Вплоть до конца XIX в. самым распространенным приемником нечистот были

выгребные ямы, это способствовало загрязнению воды питьевых колодцев домовладений. Во избежание засорений водоотводящих трубопроводов применяли грубые фильтры из булыжника.

Развитию московской водоотводящей сети способствовали усилия городского головы [Н.А. Алексеева](#). В 1886 г. для научной общественности городским инженером [В.Д. Кастальским](#) был сделан доклад о целесообразности для города Москвы раздельной системы водоотведения, а в 1890 г. — разработан проект первой очереди московской канализации, обслуживающей 1,5 млн. жителей с удельной нормой водоотведения порядка

85 л/(чел·сут) с общим расходом бытовой воды 84 тыс.м³/сут и 72 тыс.м³/сут. фабричных вод с системой очистки в основном бытовых вод в объеме около 25%.

В 1898 г. в Москве введена в эксплуатацию первая водоотводящая система, включавшая самотечные и напорные водоотводящие сети, насосную станцию и Люблинские поля орошения. Она стала родоначальницей самой крупной в Европе московской системы водоотведения и очистки сточных вод.

К началу XX в. в России было канализовано около 1000 городов. Большинство систем водоотведения обеспечивало отведение сточных вод по подземным самотечным трубопроводам и сброс неочищенных стоков в водоемы.

Установленные норм очистки сточных вод при выпуске их в реку, разработанные в Англии в 1876 г., дали новый импульс в комплексном развитии систем водоотведения с очистными сооружениями. Достижения науки и техники способствовали повышению степени благоустройства городов до уровня современной цивилизации.

Особое значение имеет развитие современной системы водоотведения бытовых и производственных сточных вод, обеспечивающей высокую степень защиты окружающей природной среды от загрязнений. Наиболее существенные результаты получены при разработке новых технологических решений в вопросах эффективного использования систем водоотведения и очистки производственных сточных вод.

Предпосылками для успешного решения этих задач при строительстве водоотводящих систем являются разработки, выполняемые высококвалифицированными специалистами, использующими новейшие достижения науки и техники в области строительства и реконструкции водоотводящих сетей и очистных сооружений.

Важнейшую роль в становлении и развитии дисциплины "Водоотводящие сети" сыграли Н.А. Базякина, Б.С. Белов, Б.О. Ботук, А.И. Жуков,

В.Ф. Иванов, В.И. Калицун, Я.А. Карелин, С.К. Колобанов, К.Н. Корольков, Ю.М. Ласков, Н.А. Лукиных, В.В. Найденко, П.И. Пискунов, С.Н. Строганов, В.Е. Тимонов, Н.Ф. Федоров, С.М. Шифрин, З.Н. Шишкин, С.В. Яковлев и др.

1.3. Сточные воды и их классификация

Сточные воды (согласно нормативно-правовым актам) – это воды, принимаемые от абонентов в централизованные системы водоотведения воды, а также дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды. В общем случае под сточными водами понимаем воды, образующиеся на территории обслуживаемого объекта и требующие отведения за его пределы. В отдельных случаях это пресные воды, изменившие после использования в бытовой и производственной деятельности человека свои физико-химические свойства и требующие отведения.

По происхождению сточные воды могут быть классифицированы на следующие: бытовые, производственные и атмосферные.

Бытовые сточные воды образуются в жилых, административных и коммунальных (бани, прачечные и др.) зданиях, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. Это сточные воды, которые поступают в водоотводящую сеть от санитарных приборов (умывальников, раковин или моек; ванн, унитазов и трапов - напольных приборов с решетками). Особенности образования этих сточных вод хорошо известны.

Производственные сточные воды образуются в процессе производства различных товаров, изделий, продуктов, материалов и пр. К ним относятся отработавшие технологические растворы, маточники, кубовые остатки, технологические и промывные воды, воды барометрических конденсаторов, вакуум-насосов и охлаждающих систем; шахтные и карьерные воды; воды хим.водоочистки, воды от мытья оборудования и производственных помещений, а также от очистки и охлаждения газообразных отходов, очистки твердых отходов и их транспортировки.

Атмосферные сточные воды образуются в процессе выпадения дождей и таяния снега, как на жилой территории населенных пунктов, так и территории промышленных предприятий, АЗС и др. Часто эти воды называют дождевыми или ливневыми, вследствие того, что в большинстве случаев максимальные (расчетные) расходы образуются в результате выпадения ливней (дождей).

Основными характеристиками сточных вод являются: количество сточных вод, характеризуемое расходом, измеряемым в л/с или м³/с, м³/ч, м³/смену, м³/сут. и т.д.; виды (компоненты) загрязнений и содержание их в сточных водах, характеризуемое концентрацией загрязнений, измеряемой в мг/л или г/м³. Важной характеристикой сточных вод является степень равномерности (или неравномерности) их образования и поступления в водоотводящие системы. Обычно она определяется неравномерностью поступления сточных вод по часам суток в году. Эти характеристики учитываются при проектировании водоотводящих систем.

В бытовых сточных водах содержатся загрязнения минерального и органического происхождения. Те и другие находятся в нерастворенном, растворенном и коллоидном состояниях. Часть нерастворенных загрязнений, задерживаемых при анализах на бумажных фильтрах, называют взвешенными веществами. Наибольшую санитарную опасность представляют загрязнения органического происхождения. В бытовых сточных водах взвешенных веществ органического происхождения содержится в среднем 100...300 мг/л. Содержание органических загрязнений, находящихся в растворенном состоянии, оценивается значениями биохимической потребности в кислороде (БПК) и химической потребности в кислороде (ХПК). Бытовые сточные воды имеют БПК=100...400 мг/л, а ХПК=150...600 мг/л, и их можно оценить как весьма загрязненные. При хранении они способны загнить через 12-24 ч (при $t = 20^{\circ}\text{C}$).

В городах расход бытовых вод с 1 га площади кварталов обычно равен 0,3-2 л/с (удельный расход) или 10000-60000 м³/год. В водоотводящую сеть они поступают сравнительно неравномерно и по часам суток и по суткам в году. В дневное время расход больше, чем в ночное, расходы по часам суток могут изменяться в 2-5 раз.

В течение года в отдельные сутки расходы бытовых вод изменяются незначительно, лишь в 1,1-1,2 раза.

Производственные сточные воды различных отраслей промышленности существенно отличаются как по составу загрязняющих веществ, так и по их концентрации. Для примера ниже приведены характеристики сточных вод некоторых отраслей промышленности.

В сточных водах заводов черной металлургии по отдельным цехам содержится: взвешенных неорганических веществ 0,2-5 г/л; окислы 0,3-2 г/л; фенола 0,7-1 г/л, смол и масел 0,2-1,8 г/л.

В сточных водах целлюлозно-бумажных заводов взвешенных веществ содержится 400-2000 мг/л. Это преимущественно древесное волокно и целлюлоза. БПК сточных вод составляет 100-200 мг/л для общего стока сульфатных заводов и 0,8-2 г/л сульфитных.

В сточных водах текстильных предприятий содержится: взвешенных веществ 250-400 мг/л, моющих средств 50-120 мг/л, БПК их достигает 300-350 мг/л.

В сточных водах предприятий тяжелой индустрии содержатся в основном загрязнения минерального происхождения, а пищевой и легкой промышленности - загрязнения органического происхождения.

В дождевых водах содержится значительное количество нерастворенных минеральных примесей, а также загрязнения органического происхождения. БПК дождевых вод достигает 50-60 мг/л. Исследованиями установлено, что дождевые воды могут являться источниками загрязнения водоемов. Расход дождевых вод с 1 га площади территории города достигает 150 л/с (1 раз в

год) и 300 л/с (1 раз в 10 лет). Это в 50-300 раз больше расхода бытовых вод. В то же время общий расход дождевых вод за год составляет 1500-2000 м³ с 1 га, т.е. в 5-30 раз меньше расхода бытовых вод. Образование (выпадение) дождевых вод происходит весьма неравномерно. Их расход изменяется от нуля (в сухую погоду) до максимального значения 300 л/с (в период выпадения интенсивных ливней).

Достаточно широко используется понятие «городские сточные воды». Под ним понимается смесь бытовых и производственных сточных вод. В реальных условиях в чистом виде бытовых вод не бывает. В сточных водах, поступающих от городов, всегда содержатся компоненты загрязнений, характерные для производственных сточных вод (нефтепродукты, кислоты, щелочи, соли и др.). При решении задач отвода и очистки городских сточных вод это необходимо учитывать.

Все указанные выше сточные воды требуют обязательной очистки при их отведении в открытые водоемы, так как в них содержатся различные загрязняющие вещества в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые.

Различная степень загрязнения сточных вод и природа их образования выдвигают при проектировании важную задачу совместного или отдельного отведения отдельных видов сточных вод, совместной или отдельной их очистки.

Физическая модель сточных вод представляет собой двухфазную систему «жидкое – твердое», и любая технология очистки вод заключается в извлечении твердой фазы. Законы термодинамики указывают на то, что вода легко загрязняется и этот процесс идет без значительных энергозатрат. Напротив, процессы очистки воды реализуются с использованием различных сложных процессов с заметными удельными энергозатратами. Система «жидкое – твердое» характеризуется энтропией, которая выражает скрытую энергию, необходимую для очистки сточных вод. Чем выше концентрация загрязнений и

чем больше разнородность состава, тем выше энтропия и больше энергетические затраты на очистку воды.

Разнородность состава загрязнений сточных вод и действующие явления диссипации при изменении энергетического состояния системы способствуют тому, что стопроцентная очистка сточных вод невозможна, и поэтому она регламентируется значениями предельно допустимых концентраций (ПДК).

Тема 2. Системы и схемы водоотведения

1.4. Нормативные документы

Основным нормативно-правовым актом регулирующим отношения в сфере водоснабжения и водоотведения является Федеральный закон от 07 декабря 2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (с изм. на 25 декабря 2018г.). Требования к составу и свойствам сточных вод, сбрасываемых в водные объекты организациями, осуществляющими водоотведение, устанавливаются в соответствии с водным законодательством, законодательством в области охраны окружающей среды и законодательством в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Нормы и требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых наружных систем водоотведения (канализации) постоянного назначения для городских и поверхностных стоков, а также близких к ним по составу производственных сточных вод устанавливает свод правил СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85» (с Изменениями N 1, 2). Отдельные требования по проектированию и строительству объектов систем водоотведения могут регулироваться стандартами организаций, в том числе, такими как ассоциация «Общероссийская негосударственная некоммерческая организация – общероссийское отраслевое объединение работодателей «Национальное объединение саморегулируемых организаций, основанных на членстве лиц, осуществляющих строительство». Примером такого стандарта

является СТО НОСТРОЙ 2.17.66-2012 Освоение подземного пространства. Коллекторы и тоннели канализационные. Требования к проектированию, строительству, контролю качества и приемке работ.

1.5. Основные элементы систем водоотведения и водоотводящих сетей

Схемы водоотведения населенных пунктов разрабатывается на генплане городов в масштабе 1:5000-1:20000 с горизонталями через 1-2 м с указанием кварталов и проездов, схемы водоотведения промышленных предприятий - на генплане в масштабе 1:1000-1:5000 с горизонталями через 0,5-1 м. На рис. 1.1 показана общая схема водоотведения города.

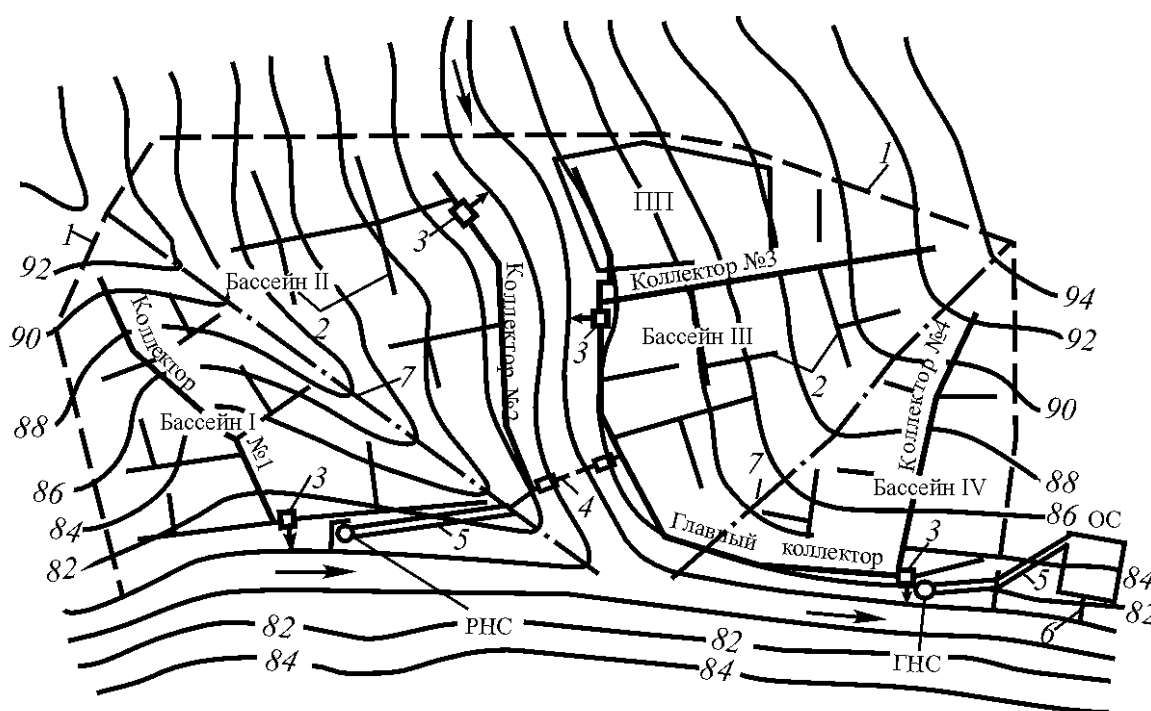


Рис. 1.1. Схема водоотведения города:

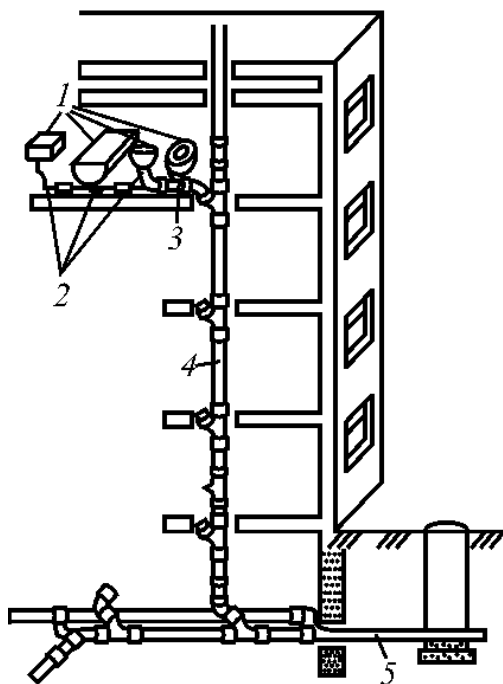
РНС - районная насосная станция; ГНС - главная насосная станция; ОС - очистные сооружения; ПП - промышленное предприятие; 1 - граница города; 2 - наружная (внешняя) водоотводящая сеть трубопроводов; 3 - ливнеспуски; 4 - дюкер; 5 - напорные трубопроводы; 6 - выпуск очищенных сточных вод; 7 - линии водоразделов

Система водоотведения населенного пункта состоит из следующих основных элементов:

- 1) внутренних водоотводящих сетей в зданиях, оснащенных санитарно-техническим оборудованием;
- 2) внутриквартальных водоотводящих сетей;
- 3) наружной водоотводящей сети;
- 4) аварийно-регулирующих резервуаров;
- 5) специальных сооружений;
- 6) насосных станций и напорных трубопроводов;
- 7) станций очистки сточных вод;
- 8) аварийных выпусков неочищенных потоков сточных вод.

Схема внутренней водоотводящей сети жилого дома состоит из приемников сточных вод (санитарных приборов) внутренней водоотводящей сети, которая включает водоотводящие линии, стояки и выпуски из здания.

Трубопроводы отводных линий прокладываются с уклоном к стоякам для обеспечения самотечного отвода воды. Трубопроводы стояков прокладываются вертикально; верхняя их часть возвышается над неэксплуатируемой кровлей на 0,3 м; над скатной кровлей – на 0,5 м; над эксплуатируемой кровлей – на 3 м. Выпуски – это участки трубопроводов от стояков до смотровых колодцев на внутриквартальной водоотводящей сети. Они, как и отводные линии, прокладываются с уклонами.



*Рис. 1.2. Схема внутренней водоотводящей системы жилого дома:
1 - санитарные приборы; 2 - сифоны; 3 - отводные линии; 4 - стояк; 5 - выпуск*

Внутренняя водоотводящая сеть трубопроводов рассчитывается на частичное заполнение труб водой даже при наибольших (расчетных) расходах сточной воды. Она одновременно служит для вентиляции всей внешней водоотводящей сети. При нормальных условиях работы через стояки осуществляется вытяжка газов. Для исключения попадания газов в помещения под санитарными приборами устанавливаются сифоны (гидравлические затворы). Они обычно представляют собой петлеобразные трубки, в которых постоянно задерживается водяной столб высотой 8-10 см. Иногда сифоны являются составной частью санитарных приборов. Для проверки и прочистки труб на сети устанавливаются специальные детали - ревизии и прочистки. Каждое здание имеет по несколько стояков, которые обслуживают санитарные приборы, группирующиеся на каждом этаже здания.

Для отвода производственных сточных вод из здания также создается внутренняя водоотводящая сеть трубопроводов. Для отвода сравнительно больших расходов устраивают сеть подпольных лотков (на первом этаже).

Внутренние водосточные сети (внутренний водосток), предназначены для приема и отвода дождевых вод. Крыши зданий выполняются с учетом необходимости сбора и отвода воды к местам приемки ее в водосточную сеть.

Если крыши имеют сложную конфигурацию (рис. 1.3, а) или они плоские (рис. 1.3, б), то сеть трубопроводов выполняется внутри зданий.

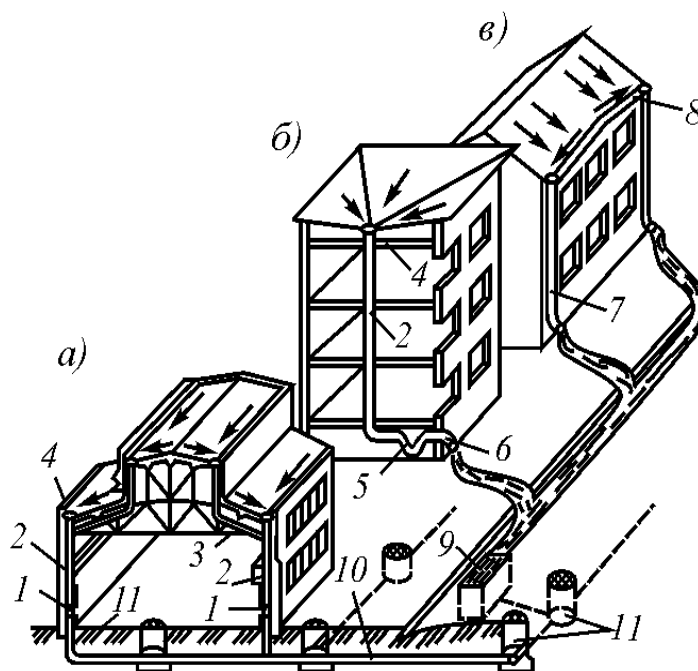


Рис. 1.3. Схемы внутренних водостоков:
а - промышленного здания; б - жилого дома с плоской крышей; в - тоже, со скатной крышей;
где: 1 - устройство для прочистки; 2 - стояк; 3 - отводные трубы; 4 - водосточные воронки; 5 - гидрозатворы; 6 - открытый выпуск; 7 - водосточные трубы; 8 - желоб; 9 - дождеприемники; 10 - закрытый выпуск; 11 - смотровые колодцы

Вода во внутреннюю сеть принимается через водосточные воронки, устанавливаемые на крышах. Отвод воды из зданий может производиться либо непосредственно во внутриквартальную водоотводящую сеть, либо на поверхность земли. В последнем случае вода с крыш вместе с дождевой водой с незастроенной части квартала должна стекать в лотки проездов, а затем в специальные дождеприемники, связанные с внутриквартальной водоотводящей сетью. При невысоких зданиях и скатных крышах дождевая вода с крыш

отводится водосточными трубами, а затем лотками проездов в дождеприемники (рис. 1.3, в).

Внутриквартальная водоотводящая сеть представляет собой систему подземных трубопроводов (рис. 1.4). Трассировка ее производится около зданий между смотровыми колодцами по концам выпусков из зданий в направлении, совпадающем с уклоном поверхности земли. Соединение ее с внешней (уличной) сетью производится участками труб, называемыми соединительными ветками. Внутриквартальная сеть трубопроводов рассчитывается на самотечное (безнапорное) движение жидкости с частичным заполнением труб.

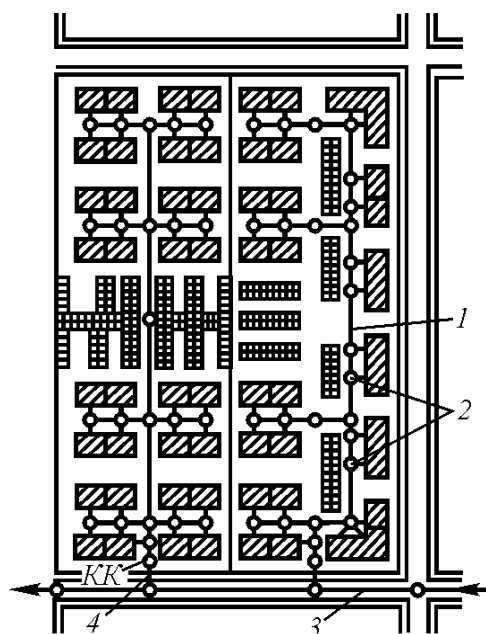


Рис. 1.4. Схема трассировки внутриквартальной водоотводящей сети:

1 - трубопровод внутриквартальной сети; 2 - смотровые колодцы; 3 - уличная сеть; 4 - соединительная ветка; КК - контрольный колодец

На участке от внутриквартальной до уличной сети в пределах квартала на расстоянии 1 - 1,5 м от красной линии (границы квартала) располагается контрольный колодец (КК), который служит для контроля за работой внутриквартальной сети и правильностью использования сетей водоотведения

специальными организациями, эксплуатирующими внешние водоотводящие сети и очистные сооружения.

Аналогичные сети создаются на предприятиях. Они называются внутризаводскими (внутриплощадочными).

Внешняя (наружная) водоотводящая сеть, называемая иногда уличной, представляет собой систему подземных трубопроводов, уложенных с уклоном в направлении движения воды. Она рассчитывается на самотечное (безнапорное) движение жидкости с частичным или полным заполнением труб при расчетных условиях (наибольших расходах). В целях уменьшения глубины заложения трубопроводы должны трассироваться в направлении, совпадающем с уклоном поверхности земли.

При составлении схемы водоотводящей сети обслуживаемый объект разбивается на бассейны водоотведения (см. рис. 1.1). Бассейн водоотведения - часть территории обслуживаемого объекта, ограниченная линиями водоразделов и границами объекта. Внешняя водоотводящая сеть может быть разделена на уличную сеть, коллекторы бассейнов водоотведения и главные коллекторы. Уличная сеть - это трубопроводы, проложенные по части периметра квартала (с нижней стороны по рельефу) или по всему его периметру. К ней присоединяются внутриквартальные сети.

Коллекторы бассейнов водоотведения — трубопроводы, предназначенные для приема и отвода воды от части или целого бассейна водоотведения.

Главные коллекторы — трубопроводы, предназначенные для приема и отвода воды от части или всего обслуживаемого объекта. Главными коллекторами вода транспортируется к насосным станциям или очистным сооружениям.

Для осмотра трубопроводов, выполнения профилактических и ремонтных работ на водоотводящей сети предусматриваются смотровые колодцы и камеры. В местах пересечения самотечных трубопроводов с естественными препятствиями, такими как реки, овраги, и подземными сооружениями

строятся штольни или эстакады или мосты. Иногда пересечения выполняются в виде дюкера. Для приема в водоотводящую сеть дождевых вод строятся дождеприемники, конструкция которых аналогична конструкции смотровых колодцев, но сверху они завершаются приемной решеткой. По схеме, показанной на рис. 1.1, обслуживаемый объект имеет водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых. В период интенсивных ливней загрязнение смеси транспортируемых сточных вод снижается. Это позволяет сбрасывать часть сточных вод в водоем без очистки. Для сброса воды на коллекторах, уложенных вдоль реки, создаются специальные сооружения – ливнеспуски.

Аварийные и регулирующие резервуары представляют собой специально оборудованные емкости, обеспечивающие аккумуляцию сточных вод в период максимального их притока.

Сброс или откачка воды из резервуаров производится в периоды снижения притока сточных вод самотеком или с использованием насосных станций.

При равнинном рельефе глубина заложения трубопроводов возрастает в зависимости от их длины. При глубине 6-8 м прокладка трубопроводов открытым способом затруднена, поэтому переходят на закрытые методы строительства или осуществляют перекачку сточных вод.

Местные насосные станции используют для подъема и перекачки воды от одного или группы зданий.

Районные насосные станции применяют для перекачки стоков от части или целого бассейна водоотведения.

Главные насосные станции перекачивают стоки на станцию очистки сточных вод части или всего обслуживаемого объекта. Для повышения надежности работы сооружений водоотведения напорные трубопроводы выполняют в две линии.

Очистная станция представляет собой комплекс сооружений для очистки сточных вод и обработки осадков. Удаление загрязнений из сточных вод

достигается с помощью механических (на решетках, песколовках, первичных отстойниках), биохимических (на аэротенках или биофильтрах и вторичных отстойниках) и физико-химических процессов очистки воды. Заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом в открытый водоем обычно является обеззараживание. При проектировании сооружений станции очистки сточных вод предусматривается самотечное движение воды.

Сооружения водоотведения, располагаемые за пределами промышленного предприятия, называются внеплощадочными. Все элементы водоотведения взаимосвязаны в работе. Поэтому проектирование и развитие сооружений реализуется с учетом необходимой степени надежности, что требует разработки специальных мероприятий в технологии водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадков.

1.6. Системы и схемы водоотведения их преимущества и недостатки, анализ применимости и обоснование

Система водоотведения — это технологический прием объединения или разъединения потоков сточных вод различного происхождения. В мировом историческом опыте строительства водоотводящих систем просматриваются различные тенденции их развития. В практике были распространены общесплавные и комбинированные системы. Раздельные системы подразделяются на полные раздельные, неполные раздельные и полураздельные.

Общесплавная система водоотведения имеет единую водоотводящую сеть для отведения сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых (см. рис. 1.1). Общесплавные системы применяли при наличии рядом с обслуживаемым объектом мощных проточных водоемов, обладающих значительной самоочищающей способностью. Особенностью этой системы является оснащение главного коллектора ливнеспуском для сброса смеси сточных вод в водоем без очистки. Объемы сброса сточных вод через

ливнеспуски зависят от места их расположения. Через ливнеспуски, расположенные в начале коллекторов, допускается сброс меньших относительных объемов сточных вод. Через ливнеспуски, расположенные в конце коллектора, допускается сброс больших относительных объемов сточных вод в водоемы, с обязательным учетом обеспечения установленных для них санитарных требований.

Общесплавная система водоотведения обеспечивает удовлетворительное санитарное состояние селитебной и промышленной зоны обслуживаемых объектов. Однако при устройстве такой системы отмечаются отсутствие биологического равновесия в водоеме, являющемся приемником смеси сточных вод, значительные колебания состава и концентрации загрязнений, что влияет на качество очищенного стока. Практический опыт показывает, что несмотря на сокращение протяженности водоотводящих сетей капитальные затраты могут быть значительными и неприемлемыми. Значительно усложняется эксплуатация насосных и очистных сооружений вследствие неравномерного притока дождевых вод.

Полная раздельная система водоотведения имеет несколько водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отведения сточных вод определенного вида (рис. 1.5,а).

Она имеет сети для отвода бытовых вод от города и промышленных предприятий (бытовая сеть), производственных вод (производственная сеть) и дождевых вод (водостоки или дождевая сеть).

Наиболее сложными являются водоотведение и очистка сточных вод промышленных предприятий, так как состав и свойства сточных вод зависят от специфики водных технологических производственных процессов.

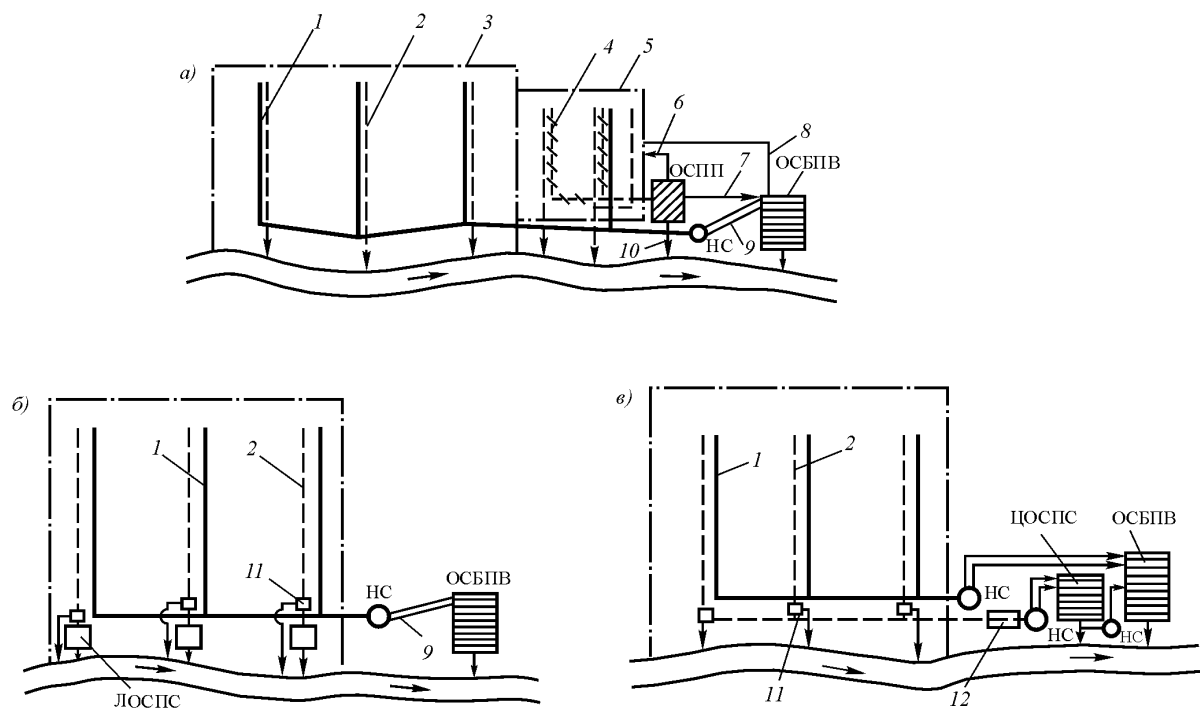


Рис. 1.5. Схемы полной раздельной системы водоотведения:

а - без очистки поверхностного стока; б и в - с очисткой поверхностного стока соответственно на локальных и на централизованных очистных сооружениях;

где: ОСБПВ - очистные сооружения бытовых и производственных вод; ОСПП - очистные сооружения промышленного предприятия; ЛОСПС - локальные очистные сооружения поверхностного стока; ЦОСПС - централизованные очистные сооружения поверхностного стока; НС - насосная станция: 1 - бытовая сеть; 2 - ливневая сеть; 3 - граница города; 4 - производственная сеть; 5 - граница промышленного предприятия; 6 - возврат воды на производство после очистки; 7 - подача воды для доочистки на очистные сооружения города; 8 - подача очищенных вод на промышленное предприятие; 9 - напорные трубопроводы; 10 - выпуск очищенных производственных сточных вод в водоем; 11 - разделительные камеры; 12 - регулирующий резервуар

Для таких специфических потоков сточных вод выполняют отдельные водоотводящие сети и для них предусматривают специальные очистные сооружения. Например, для нефтеперерабатывающих, машиностроительных, кожевенных заводов, меховых производств и др. устраивают десятки отдельных водоотводящих сетей и специальных очистных установок.

Производственные сточные воды органического происхождения могут отводиться по бытовой сети без ограничений при соблюдении правил сброса их в общую городскую водоотводящую сеть. Так может быть решено водоотведение от молокозаводов, хлебозаводов и других аналогичных

производств, при этом в необходимых случаях применяют частичную их очистку на заводских очистных сооружениях.

Специфические производственные стоки неорганического происхождения требуют специфической технологии водоотведения, определенной степени очистки и повторно-оборотного использования или полной глубокой очистки с последующим сбросом в водоем.

Несмотря на необходимость решения новых сложных технологических задач по повторно-оборотному использованию очищенных производственных сточных вод, такое направление оправдывается высоким экологическим эффектом и в ряде случаев простотой технологии обработки воды и сокращением энергозатрат.

В последние годы значительно повысились требования к охране водоемов от загрязнений. Обеспечить такие требования без рационального использования и очистки производственных и поверхностных стоков (дождевых вод) невозможно.

При разработке системы водоотведения городов и промышленных предприятий необходимо учитывать:

- возможность сокращения объемов загрязненных сточных вод за счет устройства замкнутых систем;
- возможность последовательного использования воды в различных технологических процессах с нормативными требованиями к ее качеству;
- необходимость очистки наиболее загрязненной части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий в количестве 70 % годового стока для селитебных территорий и всего объема стока для площадок предприятий, имеющих выбросы токсичных органических веществ.

При полной раздельной системе водоотведения очистка поверхностного стока может быть реализована дифференцированно с созданием локальных очистных сооружений на дождевой сети (см. рис. 1.5, б) или созданием

централизованных очистных сооружений за пределами обслуживаемого объекта (рис. 1.5, в).

Разделение и отведение на очистные сооружения наиболее загрязненных 70% годового стока обеспечиваются разделительными камерами.

Неполная раздельная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть, состоящую из подземных трубопроводов и каналов, предназначенную для отведения смеси бытовых и производственных сточных вод на городские очистные сооружения. По этой производственно-бытовой сети отводится смесь, называемая городскими сточными водами. Отведение и сброс дождевых вод без очистки в водоем производится по открытым лоткам, кюветам и канавам. Обычно эта система применяется для небольших объектов и при дальнейшем улучшении благоустройства населенных мест развивается в полную раздельную систему водоотведения.

Полураздельная система водоотведения имеет две водоотводящие сети - производственно-бытовую и дождевую (рис. 1.6), в местах пересечения этих сетей устраиваются разделительные камеры.

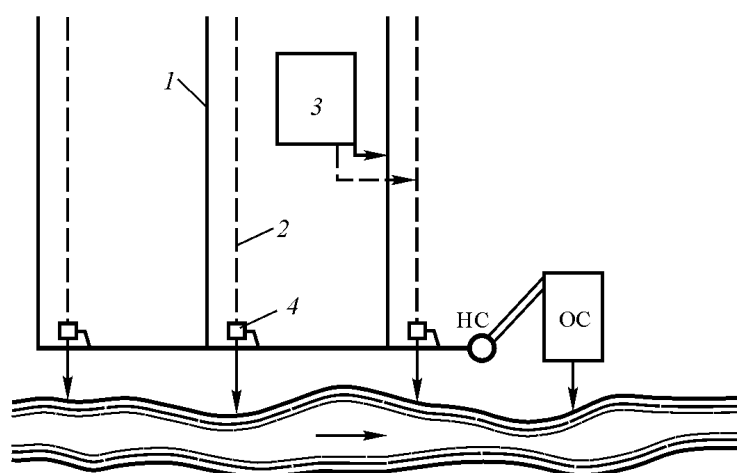


Рис. 1.6. Схема полураздельной системы водоотведения
1 - производственно-бытовая сеть; 2 - ливневая сеть; 3 - промышленное предприятие; 4 - разделительные камеры

При малых расходах воды в дождевой сети камеры перепускают весь расход дождевых вод в главный общесплавной коллектор производственно-бытовой сети. При больших расходах камеры перепускают в производственно-бытовую сеть наиболее загрязненную часть воды, протекающей по трубам в донной части. Таким образом, на очистку направляются наиболее загрязненные дождевые воды, образующиеся в начальный период дождя, и донные слои воды, имеющие наиболее высокие концентрации загрязнений. При больших расходах воды в дождевой сети менее загрязненные дождевые воды отводятся в водоем без очистки.

Комбинированная система водоотведения обычно возникает исторически, в результате разной технической политики, реализуемой на различных этапах развития степени благоустройства города. При этом часть обслуживаемого объекта имеет общесплавную систему, а часть - полную раздельную. В силу происхождения комбинированные системы водоотведения занимают по санитарно-технической эффективности промежуточное положение.

Системы водоотведения промышленных предприятий также подразделяются на общесплавные и раздельные. Выбор системы водоотведения для предприятий весьма важен, так как на отдельных из них могут образовываться до 5 - 10 различных видов сточных вод, отличающихся по расходу, составу и свойствам содержащихся в них загрязнений.

При выборе системы водоотведения необходимо учитывать следующие возможности:

- совместной и раздельной очистки отдельных видов (от отдельных цехов) сточных вод;
- извлечения и использования ценных веществ, содержащихся в сточных водах;
- повторного использования производственных сточных вод без очистки или после частичной очистки в системе оборотного водоснабжения или для технических нужд другого цеха или производства;

- использования для производственных целей очищенных бытовых и дождевых вод;

- использования производственных вод для орошения сельскохозяйственных и технических культур.

Кроме того, необходимо учитывать мощность водоема, в который предполагается сброс очищенных сточных вод, количество воды в нем, вид водопользования и его самоочищающуюся способность.

Общесплавную систему водоотведения (рис. 1.7, а) целесообразно применять для небольших промышленных предприятий (с малым расходом воды), если производственные сточные воды близки по составу к бытовым сточным водам и возможно попадание в дождевые воды загрязнений, характерных для производственных вод. Общесплавная система водоотведения имеет одну водоотводящую сеть. Производственные воды от всех цехов совместно с бытовыми и дождевыми водами по этой сети отводятся на единые очистные сооружения.

Раздельные системы водоотведения могут быть различными. Особенности их зависят от вида сточных вод, образующихся на предприятии.

Раздельные системы водоотведения могут иметь несколько водоотводящих сетей для отвода производственных сточных вод от отдельных цехов. Такие сети называются производственными. Их наименование дополняется словом, характеризующим основное загрязнение воды (например, производственные кислотосодержащие; производственные нефтесодержащие и т.д.). Бытовые и дождевые воды также отводятся по самостоятельным сетям, называемым бытовая сеть и дождевая сеть. При этом возможен совместный отвод нескольких видов сточных вод. Производственные сточные воды всего промышленного предприятия или отдельного цеха совместно с бытовыми водами отводятся производственно-бытовой сетью. Сеть, предназначенная для совместного отвода производственных и дождевых вод, называется

производственно-дождевой. Возможные отдельные системы водоотведения представлены на рис. 1.7.

Раздельную систему водоотведения с локальными очистными сооружениями (рис. 1.7, б) целесообразно применять при различном характере загрязнений бытовых и производственных вод. В сточных водах отдельных цехов могут содержаться специфические загрязнения. Для очистки воды от них целесообразно устройство локальных очистных сооружений. Например, в сточных водах фабрик первичной обработки шерсти содержится много жира и волокна, которые обычно удаляются на локальных сооружениях и утилизируются. Последующая очистка этих сточных вод может производиться с очисткой общего стока фабрик.

Раздельную систему водоотведения с частичным оборотом производственных вод (рис. 1.7, в) целесообразно применять при возможности обратного использования некоторых производственных сточных вод с частичной очисткой или для водоснабжения (после охлаждения) некоторых цехов и производств.

Раздельную систему водоотведения с полным оборотом производственных вод (рис. 1.7, г) целесообразно применять при большом расходе производственных сточных вод и небольшом расходе воды в реке.

Раздельные системы водоотведения с полным оборотом производственных и бытовых вод (рис. 1.7, д), а также всех сточных вод (рис. 1.7, е) целесообразно применять при нехватке воды в реке для целей водоснабжения.

Раздельная система водоотведения с полным оборотом всех сточных вод (см. рис. 1.7, е) называется бессточной системой водопользования, или замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия. Создание таких систем водопользования должно обеспечить рациональное использование воды во всех технологических процессах, максимальную утилизацию компонентов сточных вод, нормальные санитарно-гигиенические условия работы обслуживающего персонала, исключение загрязнения окружающей

природной среды, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат. Рациональные системы использования воды должны разрабатываться на основе научно обоснованных требований к качеству воды, используемой в каждом технологическом процессе.

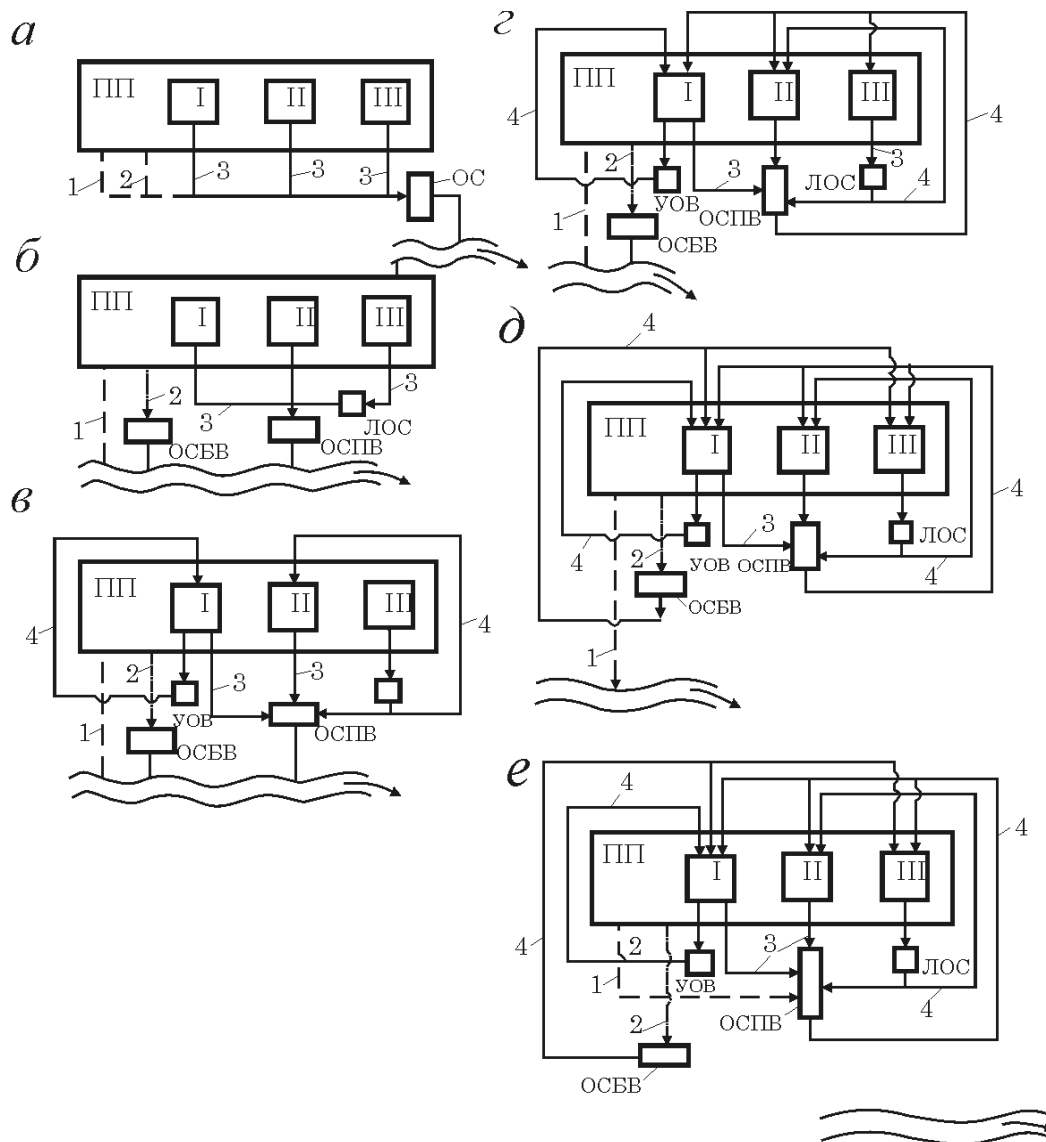


Рис. 1.7. Системы водоотведения промышленных предприятий:

а - общесплавная система; б - раздельная система с локальными очистными сооружениями; в и г - соответственно с частичным и полным оборотом производственных вод; д - с полным оборотом производственных и бытовых вод; е - с полным оборотом всех сточных вод;

где I, II, III - цеха промышленных предприятий; ЛОС - локальные очистные сооружения; ОСПВ - очистные сооружения производственных вод; ОСБВ - очистные сооружения бытовых вод; УОВ - установка охлаждения воды; 1 и 2 - дождевые и бытовые сточные воды от промышленного предприятия; 3 - производственные воды отдельных цехов; 4 - возврат воды в производство

Названные системы водоотведения следует рассматривать как приближенные. В зависимости от конкретных условий на предприятиях

возможно создание нескольких систем очистки с вариантами объединения различных видов сточных вод (в том числе бытовых и дождевых). Возможно создание и нескольких оборотных централизованных систем. В общем виде замкнутая система водопользования промышленного предприятия включает:

- локальные оборотные (замкнутые) системы;
- централизованные замкнутые системы;
- охлаждающие локальные (централизованные) оборотные (замкнутые) системы, а также системы последовательного использования воды в двух или нескольких технологических операциях с передачей воды из одной системы в другую.

При разработке отдельных систем водоотведения выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока представляет собой сложную задачу, которая должна решаться на основе оценки технической возможности и экономической целесообразности следующих мер:

- локализации отдельных участков производственных территорий, где возможно попадание на поверхность специфических загрязнений, с отводом стока в производственную сеть;
- отдельного отведения стока с водосбросных площадок, отличающихся по характеру и количеству загрязнений территорий;
- самостоятельной очистки поверхностного стока;
- подачи поверхностного стока на общезаводские сооружения для совместной очистки с производственными сточными водами (см. рис. 1.7, е).

При очистке и использовании дождевых вод необходимо усреднять их по расходу (периодическое накопление в емкостях и последующее равномерное использование воды).

Расчеты показывают, что поверхностный сток (дождевые воды) и бытовые сточные воды после соответствующей очистки в ближайшие годы смогут удовлетворить более 50% потребности промышленности в воде. Радикальным

решением проблемы охраны водных источников от загрязнения сточными водами являются разработка и внедрение бессточных систем водопользования.

При оценке систем водоотведения промышленных предприятий необходимо учитывать следующие коэффициенты использования воды:

$$\text{оборотной } K_{об} = q_{об} / (q_{об} + q_{св});$$

$$\text{свежей } K_{св} = (q_{св} - q_{сб}) / q_{св},$$

где $q_{об}, q_{св}$ - расход, м³/ч, соответственно оборотной и свежей воды, забираемой из источника; $q_{об} + q_{св}$ - общее количество расходуемой воды, м³/ч; $q_{сб}$ - расход сточных вод, сбрасываемых в водоем, м³/ч.

В последние годы наблюдается заметное увеличение оборота воды в промышленности. Коэффициент использования оборотной воды составляет: в черной и цветной металлургии - 0,8, на предприятиях химической промышленности - 0,83, на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности - около 0,65.

Выбор наиболее эффективной системы водоотведения зависит от технологических показателей желательности, предъявляемой в конкретной ситуации.

Обоснование применения определенной системы водоотведения должно быть комплексным, так как она характеризуется определенными показателями.

Экономическому обоснованию должен предшествовать технологический анализ выбора оптимального варианта или при наличии многих вариантов - двух-трех, удовлетворяющих основным требованиям.

Для систематизации и обобщения научно-технической информации рекомендуется составить граф, в котором находятся вероятные и перспективные системы, а также возможный уровень их использования. Пример графа для общесплавной системы с ее элементами показан в табл.1.2., при этом все виды сточных вод отводятся и обрабатываются совместно.

Граф возможных вариантов водоотведения для общесплавной системы

Виды сточных вод	Вид системы водоотведения	Вид очистки сточных вод	Условия выпуска сточных вод
Бытовые сточные воды города	Общесплавная	Городские очистные сооружения	Большое разбавление в открытом водоеме
Бытовые сточные воды предприятий			
Производственные органические			
Производственные воды после предочистки			
Производственные воды, инертные			
Производственные воды, токсичные			
Дождевые воды города			
Дождевые воды промышленных предприятий			

В этом случае осуществляется неполная очистка смеси сточных вод. При наличии мощного водоема и многократном разбавлении сточных вод в целом санитарная обстановка может быть удовлетворительной, если концентрации лимитирующих загрязнений не превысят значений ПДК. Однако следует отметить, что достижение санитарного благополучия путем разбавления не всегда оправдано.

Большинство токсичных веществ, находясь в начальный момент времени в состоянии равномерного распределения по объему воды, через определенный промежуток времени в естественных условиях перераспределяется неравномерно, сорбируясь на твердой фазе в концентрациях на 3-5 порядков выше, чем при равномерном распределении.

Токсичные вещества в открытых водоемах сорбируются как на инертном материале, так и на живых объектах — песках, глинистых частицах,

разнообразных гидробионтах, являющихся кормом для обитающих в этих водоемах рыб.

К недостаткам общесплавной системы следует отнести сложнейшие проблемы утилизации осадков, так как их образование связано с присутствием в смеси сточных вод загрязнений различного происхождения, например, затрудняющих использование осадка в качестве удобрения.

Нетехнологичность общесплавной системы водоотведения еще и в том, что на каждом объекте смесь сточных вод будет разной по составу и свойствам, поэтому эффект действия очистных сооружений будет различным.

Технологически также невозможно обосновать предусмотренный общесплавной системой сброс в водоем во время сильных ливней разбавленной дождевой водой неочищенных бытовых и производственных стоков.

Частота работы ливнеспусков может изменяться от 1 до 80 раз в году, в зависимости от принятых условий работы системы водоотведения, что создает в водоеме нестабильные условия.

Для улучшения санитарного состояния водоема, являющегося приемником всех очищенных сточных вод, следует предусматривать очистные сооружения для дождевых сточных вод города и промпредприятий отдельно на локальных очистных сооружениях или совместно с бытовыми стоками города на городских очистных сооружениях.

Поскольку дождевые стоки образуются периодически и более чем на порядок превышают по расходу бытовые сточные воды, в целях экономии средств предусматривают лишь очистку наиболее загрязненных масс воды, приближающихся по составу загрязнений к бытовым стокам, что реализуется с помощью специальных разделительных камер-ливнесбросов.

В этом случае полная раздельная система превращается в полураздельную. С технологической точки зрения она наиболее совершенна, так как все виды

сточных вод подвергаются очистке, в водоем без обработки сбрасываются лишь низкоконцентрированные дождевые воды во время значительных ливней.

Комбинированные системы по технологическим признакам занимают промежуточное положение между общесплавной и полной раздельной системами.

Неполная раздельная система по экологическим требованиям идентична полной раздельной системе, при которой обычно не предусматривают очистку дождевых вод города.

При повышении степени благоустройства города неполная раздельная система трансформируется в полную раздельную, при которой качество дождевых вод несколько улучшается за счет уменьшения в стоках частиц почвы, вследствие увеличения площадей асфальтовых покрытий и зеленых насаждений. Выбор системы водоотведения определяется конечной технологической целью и основными требованиями охраны водных ресурсов от загрязнения и их рационального использования.

Технологически оптимальный вариант системы водоотведения можно обосновать, учитывая показатели желательности и степень совершенства технологии.

К показателям желательности относят:

- безопасность;
- санитарный эффект;
- надежность;
- малая энергоемкость;
- возможность возврата воды в производство или по другому назначению;
- возможность эффективной утилизации отходов;
- степень благоустройства обслуживаемого объекта.

В настоящее время при разработке прогрессивных экологически эффективных систем водоотведения следует учитывать большой объем научно-технической информации. Отдельные факторы, разносторонне

характеризующие систему, должны обеспечивать комплексность оценки, поэтому приходится одновременно рассматривать множество факторов.

Следует отдавать предпочтение системам с минимальной энергоемкостью на единицу отводимых и очищенных до требуемого качества стоков.

Процесс утилизации промышленных отходов и ценного сырья в значительной степени облегчается при действии отдельных водооборотных замкнутых циклов. Поэтому при разработке водных технологий производств, следует дифференцировать сточные воды и лишь в отдельных случаях допускать объединение различных потоков.

При дифференцировании водной технологии производств уменьшаются суммарные энергозатраты на очистку воды физико-химическими способами, и значительно облегчается утилизация отходов и повторно-оборотное использование воды и ценного сырья.

Рассмотренные выше водные факторы следует учитывать при обосновании и разработке любых систем водоотведения.

РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ДЛЯ ОТВОДА БЫТОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Тема 3. Основы гидравлического расчета водоотводящих сетей

2.1. Основы и принципы гидравлического расчета водоотводящих сетей

Транспортируемая из зданий сточная жидкость обладает определенной потенциальной энергией. Поэтому возможно ее самотечное транспортирование. И лишь в конце водоотводящих сетей возникает необходимость в перекачке сточных вод. В ряде случаев при больших уклонах поверхности земли вообще не требуется перекачка сточных вод.

Для проектирования бытовых водоотводящих сетей принимается безнапорный режим движения жидкости с частичным наполнением труб. На рис. 2.1 показаны элементы потока при самотечном режиме.

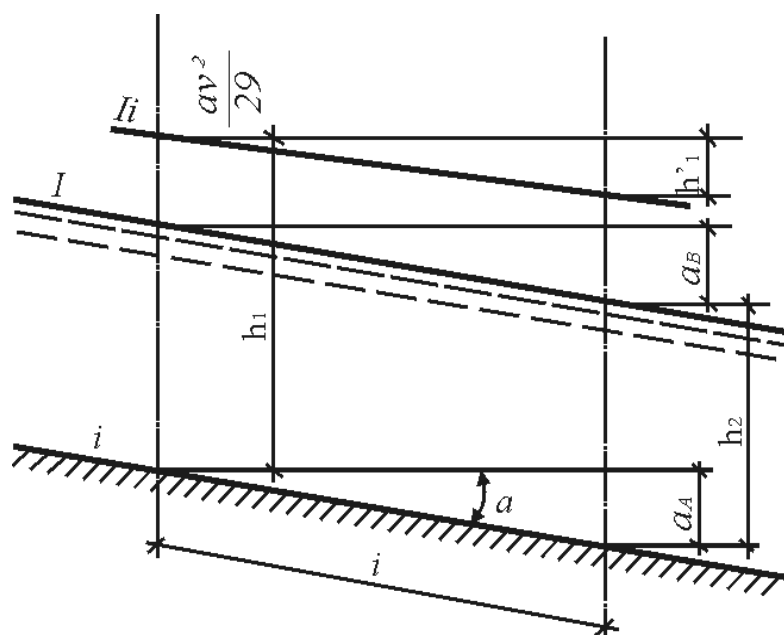


Рис. 2.1. Схема безнапорного режима движения потока

Следует иметь в виду, что в сетях, предназначенных для транспортировки дождевых вод (кроме бытовых и производственно-бытовых) расчетные расходы сточных вод наблюдаются лишь 1 раз в течение 0,25...10 лет. Следовательно, водоотводящие сети работают в безнапорном режиме при частичном наполнении. Этот режим обладает рядом преимуществ перед напорным режимом. В бытовых и производственно-бытовых сетях обеспечивается некоторый резерв в живом сечении трубопровода.

Через свободную от воды верхнюю часть сечения трубы осуществляется вентиляция разветвленной водоотводящей сети. При этом из трубопроводов непрерывно удаляются образующиеся в воде газы, которые вызывают коррозию трубопроводов и сооружений на них, осложняют эксплуатацию водоотводящих сетей и т. п. В безнапорном режиме движения жидкости лучше транспортируются с водой нерастворимые примеси, также происходит самоочищение трубопроводов от отложений. Приток сточных вод осуществляется неравномерно. Часовой максимальный расход бытовых вод превышает минимальный расход в 3-5 раз. В случае безнапорного режима

снижение скорости движения при уменьшении расхода происходит в значительно меньшей степени, так как одновременно происходит уменьшение наполнения и живого сечения трубы. Таким образом, даже при расходах, меньше расчетных, максимальные скорости движения сточных вод сохраняются и в трубах не происходит накопления осадка в больших объемах.

На водоотводящих сетях создаются сооружения различного назначения: смотровые колодцы и камеры, перепадные колодцы и др. В пределах этих сооружений замкнутые трубопроводы переходят в открытые лотки. Поворот трубопроводов в плане и их соединения обычно выполняются с помощью криволинейных открытых лотков, располагаемых в колодцах и камерах. Вследствие различий в форме сечений труб и лотков в колодцах, возникают местные сопротивления и поверхность воды приобретает форму кривых подпора перед местными сопротивлениями и форму кривых спада после местных сопротивлений. Таким образом, даже на участках с постоянным расходом глубина потока в трубопроводах может изменяться, то есть наблюдается неравномерное движение.

Как отмечалось выше, в сточных водах содержатся нерастворенные примеси органического и минерального происхождения. Первые имеют небольшую плотность и хорошо транспортируются потоком воды. Вторые (песок, бой стекла, шлаки и др.) имеют значительную плотность и транспортируются лишь при определенных скоростях турбулентного режима движения жидкости. Поэтому важнейшим условием проектирования водоотводящих сетей является обеспечение в трубопроводах при расчетных расходах необходимых скоростей движения жидкости, исключающих образование плотных несмываемых отложений.

Гидравлический расчет самотечных трубопроводов

Расчет самотечных трубопроводов заключается в определении их диаметра (или размеров коллектора, если он имеет не круглую форму), уклона и параметров их работы - наполнения и скорости. Обычно предварительно

определяется расход, который является исходным для расчета. Расчет трубопроводов - не только гидравлическая задача. Полученные результаты должны удовлетворять технологическим и экономическим требованиям, о которых будет сказано ниже.

В целях упрощения гидравлических расчетов водоотводящих сетей движение воды в них условно принимается установившимся и равномерным. По поводу расчета самотечных трубопроводов существует две точки зрения.

Первая точка зрения. Для расчета рекомендуются формулы постоянства расхода

$$q = \omega v \quad (2.1)$$

и формулу **А.Шези**

$$v = C \sqrt{Ri} \quad (2.2)$$

где q - расчетный расход; ω - площадь живого сечения; v - скорость; C - коэффициент **Шези**; $R = \omega/\chi$ - гидравлический радиус χ - смоченный периметр; $i = h/l$ - уклон лотка; h_l - падение лотка на длине l , см. рис. 2.1.

В формуле (2.2) принято, что гидравлический уклон i равен уклону лотка i , так как движение воды равномерное, при котором глубины потока и средние скорости в обоих сечениях равны.

Для определения коэффициента **Шези** рекомендуется формула **Н.Н.Павловского** (при $0,1 < R < 3$ м)

$$C = R^y/n \quad (2.3)$$

где y - показатель степени, определяемый по формуле

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1); \quad (2.4)$$

где n - коэффициент шероховатости, зависящий от состояния стенок трубопровода (табл. 2.1).

Для приблизительных расчетов **Н.Н.Павловский** рекомендовал следующие формулы:

$$\left. \begin{aligned} y &\approx 1,5\sqrt{n} \text{ при } 1,0 < R < 1,0; \\ y &\approx 1,3\sqrt{n} \text{ при } 1,0 < R < 3,0. \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

При $y = 1/6$ формула (2.3) известна как формула Маннинга. Формула (2.3) справедлива для области турбулентного режима течения жидкости.

Таблица 2.1

Значения коэффициентов n , Δ_z и a_2 для определения
коэффициента C и λ

Характеристика труб	n	Δ_z , см	a_2
Трубы:			
керамические	0,013	0,135	90
бетонные и железобетонные	0,014	0,2	100
асбестоцементные	0,012	0,06	73
чугунные	0,013	0,1	83
стальные	0,012	0,08	79
Коллекторы:			
бетонные и железобетонные	0,015	0,3	120
монолитные			
то же, сборные	0,014	0,08	50
кирпичные	0,015	0,315	110
земляные в различных грунтах	0,022-0,03	-	-

Вторая точка зрения. Для расчета рекомендуются формулы (2.1) и формула Дарси:

$$i = (\lambda / 4R)(v^2 / 2g). \quad (2.6)$$

Профессор Н.Ф. Федоров рекомендует определять коэффициент гидравлического трения λ по формуле

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 \lg(\Delta_z / 13,68R + a_2 / \text{Re}), \quad (2.7)$$

где Δ_z - эквивалентная абсолютная шероховатость; a_2 — коэффициент, учитывающий характер шероховатости стенок труб (см. табл. 2.1);

$Re = 4Rv/\nu$ - число Рейнольдса; ν - кинематический коэффициент вязкости.

Если учесть соотношение

$$C = \sqrt{8g / \lambda},$$

то формула (2.6) преобразуется в формулу (2.2). В этой части расхождения в двух точках зрения отсутствуют.

По формуле (2.7) коэффициент λ (следовательно, и коэффициент C) зависят не только от относительной шероховатости, но и от числа Рейнольдса. Эта формула справедлива для всех трех областей турбулентного режима движения жидкости: областей гладкого, вполне шероховатого трения и переходной области между ними. Исследования показали, что трубопроводы водоотводящих сетей работают в области вполне шероховатого трения. Для возможных условий проектирования расчеты по формулам (2.1) - (2.3) и (2.6) - (2.7) дают практически одинаковые результаты.

При определении местных потерь напора используется формула Вейсбаха:

$$h_i = \xi v^2 / 2g, \quad (2.8)$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления, значения которого приводятся в справочной литературе.

Известно, что максимальный расход воды в трубах наблюдается при наполнении $h/d = 0,95$. Поэтому наполнение, большее этого значения, принимать нецелесообразно. Однако, расчетные наполнения рекомендуется принимать даже меньше этого значения по следующим двум причинам. Во-первых, при определении расчетных расходов не учитывается колебание расходов в пределах часа суток, когда может наблюдаться максимальный расход. А это колебание может быть и в меньшую, и в большую стороны. Во-вторых, вследствие неравномерности движения воды, наполнение в трубопроводе в отдельных местах может быть больше расчетного. В целях исключения подтопления трубопроводов при расчетных условиях наполнение

в трубопроводах бытовой водоотводящей сети рекомендуется принимать не более 0,8. Рекомендуемые максимальные наполнения приведены в табл. 2.2.

В трубопроводах дождевых сетей (водостоках) полных раздельных систем водоотведения, а также в общесплавных трубопроводах и общесплавных коллекторах полураздельных систем водоотведения при расчетных условиях наполнение рекомендуется принимать равным 1, т. е. полным. Это объясняется тем, что расчетные условия в этих трубопроводах наблюдаются весьма редко - 1 раз в 0,25-10 лет. Таким образом, значительную часть времени эти трубопроводы также будут работать при частичном наполнении.

2.2. Минимальные и максимальные скорости течения сточных вод.

Минимальные уклоны трубопроводов водоотводящих сетей

(Технологические параметры работы)

Содержащиеся в сточных водах нерастворенные примеси способны выпадать в осадок, уменьшать сечение трубопроводов и вызывать их полное засорение. Наиболее сложно транспортируются потоком воды минеральные примеси, обладающие большой плотностью. Транспортирование нерастворенных примесей потоком является следствием его турбулентности. При определенных малых скоростях взвешенные вещества осаждаются на дно и образуют плотный слой осадка. При достижении определенной скорости осадок приходит в движение, образуя слой осадка, имеющий форму непрерывных гряд, которые движутся в направлении потока, но с меньшей скоростью (рис. 2.2).

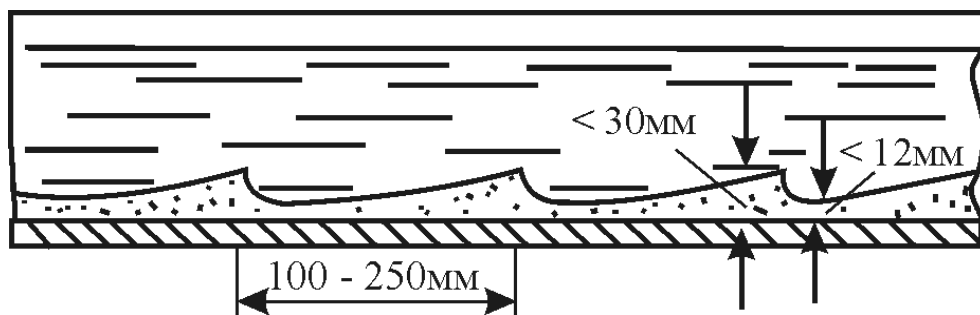


Рис. 2.2. Схема непрерывного передвижения отложений в водоотводящей сети

Скорость, соответствующая началу движения осадка, называется размывающей. При дальнейшем увеличении скорости и достижении определенного значения весь осадок взвешивается турбулентным потоком, а трубопровод самоочищается. Скорость, соответствующая этому моменту, называется самоочищающей. Известно также понятие критической скорости. Эта скорость - соответствующая началу осаждения примесей (при уменьшении скорости) или полного самоочищения (при увеличении скорости). Расход сточных вод в водоотводящих сетях изменяется в широких пределах от определенного минимального до известного максимального, который принимается за расчетный. Обеспечить возможность транспортирования всех примесей потоком при любом расходе, в том числе и минимальном, не представляется возможным, так как в этом случае потребовалось бы прокладывать трубопроводы с большими уклонами, а это привело бы к их значительным заглублениям. В настоящее время расчет трубопроводов производится на условии поддержания труб в чистом состоянии при максимальном расчетном расходе. Таким образом, при минимальных расходах в трубопроводах допускаются отложения, но при достижении расчетного расхода трубопроводы должны самоочищаться. Поэтому при расчете широко используется понятие самоочищающая скорость. Это минимальная скорость, которая должна обеспечиваться в водоотводящих сетях при расчетном расходе.

Профессоры **Н. Ф. Федоров** и А. М. Курганов минимальную скорость, которую необходимо соблюдать в трубопроводах из условий самоочищения, называют незаиляющей. Для ее определения проф. **Н. Ф. Федоров** предложил формулу:

$$v_{\min} = A \sqrt[n]{R}, \quad (2.9)$$

где $A = 1,42$ и $n = 4,5 + 0,5R$ с учетом корректировки М. И. Алексеева.

В. И. Калицуном для определения самоочищающей скорости получена формула

$$v_{\min} = u_0 C / \sqrt{q}. \quad (2.10)$$

С учетом формулы (2.3)

$$v_{\min} = u_0 R^y / n \sqrt{q}, \quad (2.11)$$

где u_0 - гидравлическая крупность - скорость осаждения частиц песка в покоящейся жидкости.

Формула (2.11) учитывает крупность песка, который может содержаться в сточной воде. Изменение крупности песка может быть обусловлено видом сточных вод (бытовые, дождевые, производственные), совершенством покрытий проездов, особенностями их содержания и др.

Самоочищающая скорость зависит и от коэффициента шероховатости n , так как важным источником турбулентности потока является шероховатость русла. Если в трубопроводах имеется осадок в виде гряд, то коэффициент $n \approx 0,025$. Если трубопровод чист, то $n \approx 0,014$. По формуле (2.11) самоочищающая скорость в первом случае меньше, чем во втором. Первый случай определяет условия самоочищения, а второй - критические условия (условия, исключающие осаждение взвешенных веществ). Формула (2.11) позволяет определять как самоочищающую скорость, так и критическую. Они различны, так как различны шероховатости русел. Но условия турбулентности в описанных двух случаях практически одинаковы.

Итогом всех предшествующих исследований являются значения минимальных скоростей, которые представлены в табл. 2.2. Эти значения близки к тем, которые следуют из формул (2.9) и (2.10).

Таблица 2.2

Рекомендуемые наполнения и минимальные скорости и уклоны

Диаметры, мм	Максимальные степени наполнения	Минимальные	
		скорости, м/с	уклоны
200	0,6	0,7	0,0046
300	0,7	0,8	0,0033
400	0,7	0,8	0,0021
500	0,75	0,9	0,002
600	0,75	1,0	0,0019
800	0,75	1,0	0,0013
1000	0,8	1,15	0,0013
1200	0,8	1,15	0,001
1400	0,8	1,3	0,001
2000	0,8	1,5	0,0009

Если в формулу **Шези** (2.2) подставить минимальную скорость, то можно получить минимальный уклон, при котором трубопровод самоочищается. В табл. 2.2 приведены минимальные уклоны, соответствующие минимальным скоростям. Для труб минимальных диаметров минимальные уклоны приведены в табл. 2.3.

Первоначально она была получена на основании обобщения эксплуатационных данных. Эта формула следует также из формулы (2.11) для конкретных значений u_0 и n .

Содержащиеся в сточных водах песок и другие минеральные примеси являются абразивными материалами, истирающими стенки трубопроводов в результате транспортирования жидкости. При этом интенсивность истирания пропорциональна скорости потока, движущегося в трубе. Поэтому на основании многолетнего опыта эксплуатации водоотводящих сетей

установлены максимально допустимые скорости, равные 4 м/с - для неметаллических труб и 8 м/с - для металлических.

Таблица 2.3

Минимальные диаметры и уклоны водоотводящей сети

Системы водоотведения	Минимальный диаметр (d_{min}), мм		Минимальные уклоны (i_{min})	
	внутри-квартальной	уличной	внутри-квартальной	уличной
Полная раздельная и полураздельная с сетями:				
бытовой	150	200	0,008 (0,007)	0,007 (0,005)
дождевой (водостоки)	200	250	0,007 (0,005)	-
Общесплавная	200	250	0,007 (0,005)	-

Примечание. В скобках указаны уклоны, которые допускается применять при обосновании.

Для определения минимального уклона широко известна формула

$$i_{min} = a_i/d \quad (2.12)$$

где d - диаметр трубопровода, мм; a_i - коэффициент, равный:

d , мм	500	600-800	1000-1200	1400	1600	2000
a_i	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Расчет трубопроводов по формулам (2.1) - (2.4) или другим чрезвычайно сложен. Методы решения различных задач по расчету трубопроводов изложены в специальной литературе.

При проектировании водоотводящих сетей требуется выполнять расчеты большого числа отдельных участков трубопроводов с различными условиями проектирования. Их расчет производится путем применения тех или иных

упрощающих приемов, при которых используются разработанные таблицы, графики, номограммы, различные обобщенные параметры и др.

Граничные условия работы самотечных трубопроводов

Диаметр трубопровода	Мин. уклон	Мин. скорость	Макс. наполнение
150	0,007	0,7	0,6
200	0,005		
250	0,004		
300	0,0033	0,8	0,7
400	0,0021		
450	0,002	0,8	0,75
500	0,002	0,9	
600	0,0019	1,0	
800	0,0013	1,0	
1000	0,0013	1,2	0,8
1200	0,001	1,2	
1400	0,001	1,3	
1500-1900	0,001	1,5	
>1900	0,0009	1,6	

Математические модели, применяемые для определения параметров работы водоотводящих сетей

Гидравлический расчет самотечных трубопроводов. В настоящее время для расчета самотечных трубопроводов используют различные таблицы, к числу которых относятся таблицы А.А.Лукиных и Н.А.Лукиных (Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н.Павловского) и Н.Ф.Федорова и Л.Е.Волкова (Гидравлический расчет канализационных сетей). Первые составлены по формулам (2.1) - (2.4), вторые - по формулам (2.6) и (2.7).

Таблица 2.4

Значения расхода сточных вод q и скорости их движения v

в трубах d=200 мм

Наполнение, доли d	Значения q, л/с и v, м/с при уклоне, тысячные					
	5		6		7	
	q	v	q	v	q	v
0,05	0,11	0,18	0,12	0,20	0,13	0,21
0,10	0,45	0,28	0,50	0,30	0,54	0,33
0,15	1,06	0,36	1,16	0,39	1,26	0,42
0,20	1,91	0,43	2,09	0,47	2,26	0,50
0,25	2,98	0,49	3,26	0,53	3,52	0,58
0,30	4,26	0,54	4,67	0,59	5,05	0,64
0,35	5,71	0,58	6,26	0,64	6,76	0,69
0,40	7,34	0,62	8,04	0,69	8,69	0,74
0,45	9,07	0,66	9,94	0,72	10,7	0,78
0,50	10,9	0,69	11,9	0,76	12,9	0,82
0,55	12,7	0,72	14,0	0,79	15,1	0,85
0,60	14,6	0,74	16,0	0,81	17,3	0,89
0,65	16,5	0,76	18,0	0,83	19,5	0,90
0,70	18,2	0,78	20,0	0,85	21,6	0,92
0,75	19,8	0,79	21,8	0,86	23,5	0,93
0,80	21,3	0,79	23,3	0,87	25,2	0,93
0,85	22,4	0,79	24,6	0,86	26,6	0,93
0,90	23,2	0,78	25,4	0,85	27,5	0,92
0,95	23,4	0,76	25,6	0,83	27,7	0,90
1,00	21,8	0,69	23,9	0,76	25,8	0,82

В табл. 2.4 приведена краткая выдержка из первых таблиц для трубопровода диаметром 200 мм. Таблицы содержат значения расхода и скорости при различных наполнениях от 0,05 до 1,0 для всех возможных в инженерной практике диаметров и уклонов труб.

При проектировании водоотводящих сетей предварительно определяют расход. Уклон трубопровода принимают с учетом уклона поверхности земли и руководствуясь экономическими соображениями (минимальными объемом земляных работ и стоимости строительства). Расчет трубопроводов по описанным таблицам сводится к подбору диаметра трубопровода, обеспечивающего пропуск расхода при наполнении, соответствующем самоочищающей скорости.

Этот расчет весьма прост и удобен. Однако для него требуются таблицы большого объема, которые издаются отдельными книгами. Они должны быть «под рукой» у каждого проектировщика. В то же время, изданные таблицы не охватывают всех возможных в инженерной практике диаметров и уклонов трубопроводов и параметров их работы.

Аналогично ведется расчет по графикам и номограммам. Он требует кропотливой работы. В инженерной практике ими пользуются реже.

Гидравлический расчет напорных трубопроводов. Расчет напорных трубопроводов заключается в определении диаметра и потерь напора. При полном заполнении сечения трубы $q = \omega \cdot v = v \cdot \pi \cdot d^2 / 4$, отсюда диаметр трубы равен

$$d = \sqrt{4q / v\pi} \quad (2.13)$$

Скорость движения воды в трубопроводах следует принимать такой, чтобы обеспечивался оптимальный режим работы системы насосы-трубопроводы (минимальные приведенные затраты). Эта скорость равна 1,5-2,5 м/с.

Потери напора находят по формуле **Дарси**, которая для напорного трубопровода имеет вид:

$$h = il = \lambda l v^2 / d 2g \quad (2.14)$$

Коэффициент λ может вычисляться по формуле **Н. Ф. Федорова**:

$$1 / \sqrt{\lambda} = -2 \lg (\Delta_s / 3,42d + a_2 / \text{Re}) \quad (2.15)$$

Потери напора также могут определяться по формулам (2.2) и (2.3) при полном заполнении трубы, то есть при $h/d=1$ или по таблицам гидравлического расчета сетей.

Важное значение при расчете напорных трубопроводов имеет правильный выбор коэффициентов шероховатости Δ_s , a_2 и др.

Напорные трубопроводы систем водоотведения часто имеют небольшую длину. В этом случае местные потери напора в коммуникациях насосных

станций оказываются соизмеримыми с потерями напора по длине труб и их следует учитывать особо. При приближенных и предварительных расчетах общие потери определяют по формуле

$$h = k_m il ,$$

где k_m — коэффициент, учитывающий местные потери напора (в долях от потерь по длине) и принимаемый равным 1,1...1,15.

Пересечения самотечных трубопроводов с реками, автомобильными и железными дорогами и другими инженерными сооружениями часто выполняются в виде дюкеров, которые представляют собой короткие трубы, огибающие препятствие снизу. Движение воды в дюкере происходит под напором, образующимся в результате разности уровней воды в его начале и конце.

Диаметр напорных ниток дюкеров определяют по формуле (2.13) при скорости более 1 м/с. Потери напора находят путем суммирования потерь напора по длине труб и местных потерь напора (метод наложения потерь напора):

$$h = il + \sum \zeta v^2 / 2g .$$

Разность отметок лотков труб в начале и конце дюкера принимается равной потерям напора.

Тема 4. Разработка системы водоотведения

2.3. Разработка схемы водоотведения населенного пункта

Схемой водоотводящей сети (схемой водоотведения) называют проектное решение принятой системы водоотведения, изображенной на генплане канализуемого объекта с учетом местных топографических и гидрогеологических условий и перспектив дальнейшего развития. Начертание схемы водоотведения на генплане в основном зависит от рельефа местности, так как наиболее технологично транспортирование сточных вод осуществлять по трубопроводам в самотечном режиме, при которых энергозатраты

минимальны. Главные водоотводящие коллекторы направляются за пределы города ниже по течению проточного водоема на расстояние, предусмотренное правилами санитарной зоны разрыва. В зависимости от основных факторов схемы водоотводящих сетей могут подразделяться на несколько видов.

Перпендикулярная схема (децентрализованная) (рис. 3.1, а) — коллекторы бассейнов водоотведения прокладываются перпендикулярно направлению потока воды водоема, перпендикулярно горизонталям. По такой схеме выполняют водосточную сеть при полной раздельной системе водоотведения. При этом дождевые воды децентрализованно сбрасываются в водоем без очистки или с очисткой.

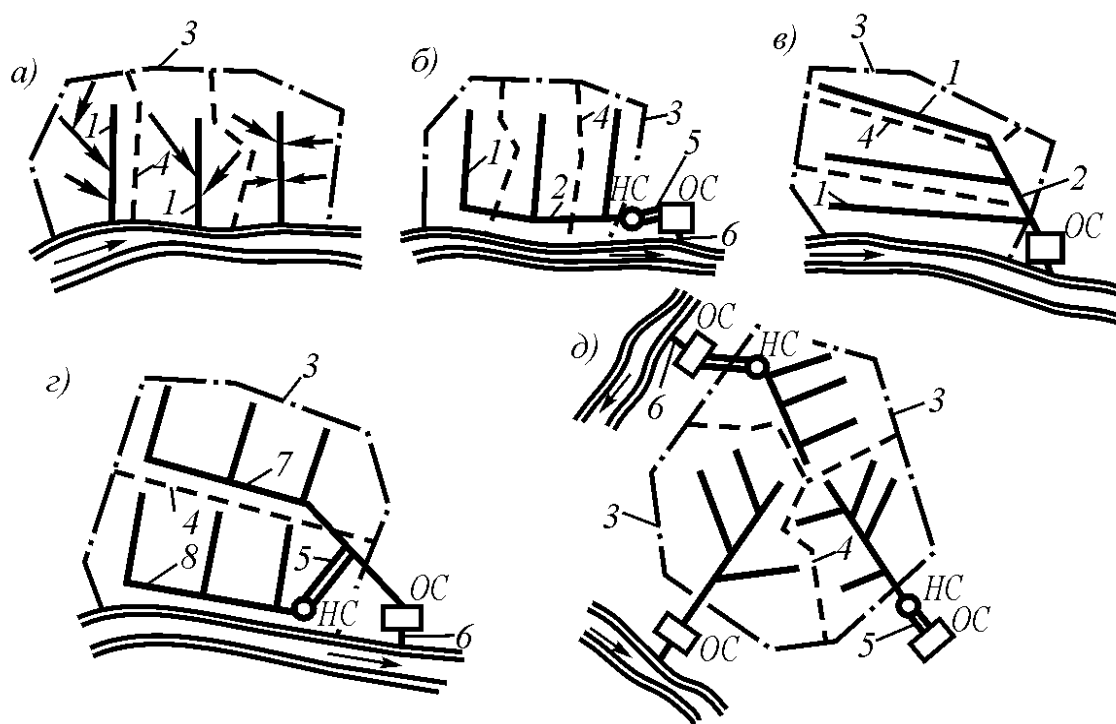


Рис. 2.3. Схемы водоотводящих сетей населенных пунктов:

а - перпендикулярная; б - пересеченная; в - параллельная; г - зонная; д – радиальная:

где 1 - коллекторы бассейнов водоотведения; 2 - главные коллекторы; 3 - граница обслуживаемого объекта; 4 - граница бассейнов водоотведения; 5 - напорный трубопровод; 6 - выпуск; 7 и 8 - главные коллекторы соответственно верхней и нижней зон

Пересеченная схема (централизованная) (рис. 2,3, б) — коллекторы бассейнов водоотведения пересекаются главным коллектором, направляемым параллельно реке. Эта схема применяется для отведения сточных вод,

требующих обязательной очистки. Они используются при полной раздельной системе водоотведения для городских сточных вод.

Параллельная схема (веерная централизованная) (рис. 2.3, в) — коллекторы бассейнов водоотведения направляются параллельно или под небольшим углом к направлению потока воды в водоеме и пересекаются с главным коллектором, транспортирующим сточные воды к очистным сооружениям.

Эту схему применяют при резком падении рельефа местности к водоему. Она позволяет исключить в коллекторах бассейнов водоотведения повышенные скорости движения воды, вызывающие абразивный износ трубопроводов.

Зонная схема (централизованная) (рис. 2.3, г) — обслуживаемая территория разбивается на две зоны: с верхней сточные воды отводятся к очистным сооружениям самотеком, а с нижней они перекачиваются насосной станцией. Эта схема наименее энергоемка и поэтому при разработке схемы водоотведения города необходима проработка таких вариантов.

Радиальная (децентрализованная) схема (рис. 2.3, д) — отведение сточных вод реализуется на несколько очистных станций. Радиальную схему водоотведения применяют при сложном рельефе местности и в больших городах.

2.4. Принципы и приемы трассировки водоотводящих сетей

Разработку схемы водоотводящих сетей начинают с изучения топографических и гидрогеологических материалов объекта обслуживания, определения бассейнов водоотведения, места расположения очистных сооружений и насосных станций. Основной принцип заключается в максимальном использовании падения рельефа местности, и направление коллекторов по ходу движения воды должно совпадать с уклоном поверхности земли. Поэтому коллекторы бассейнов водоотведения обычно проходят по тальвегам, а главные коллекторы по берегам рек. Так как

очистные сооружения располагаются внизу по течению реки относительно обслуживаемого объекта, то и направление главного коллектора совпадает с направлением течения воды в реке. Наиболее определенно возможность самотечного или напорного отведения сточных вод устанавливается при построении продольного профиля главного коллектора. Ориентировочное место расположения насосной станции перекачки намечается в пониженных местах или в конечной части коллекторов и окончательно определяется после проработки вариантов. Заключительный этап — трассировка уличных трубопроводов, обеспечивающих отведение воды от каждого квартала застройки.

Основной принцип трассировки диктуется необходимостью обеспечения минимального объема земляных работ, что достигается укладкой труб на наименьшей возможной глубине с максимальным использованием рельефа местности. Трассировка уличных трубопроводов возможна по трем следующим схемам.

Объемлющая трассировка (рис. 2.4, а) — уличные трубопроводы прокладывают со всех сторон квартала. Эту трассировку применяют при слабовыраженном уклоне местности ($i \leq 0,005$) для больших кварталов и при отсутствии внутри них застройки.

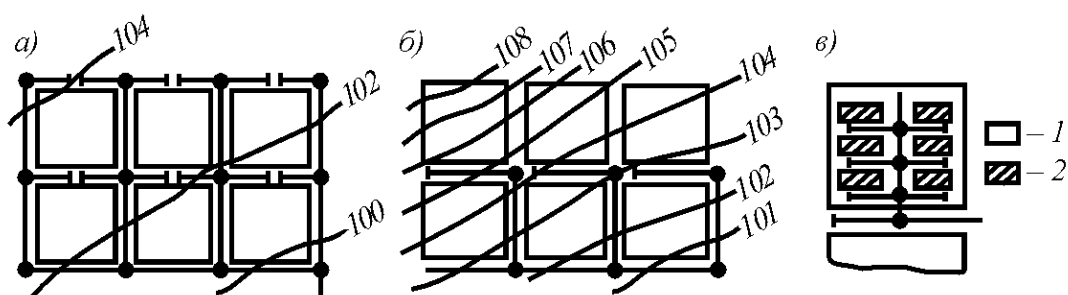


Рис. 2.4. Трассировка уличной сети:
 а - объемлющая; б - по пониженной стороне квартала; в - черезквартальная;
 где 1 - кварталы; 2 - дома

Трассировка по пониженной стороне квартала (рис. 2.4, б) — уличные трубопроводы прокладывают лишь с пониженных сторон квартала. Эту

трассировку применяют при выраженном рельефе местности ($i \geq 0,007$) и небольших кварталах.

Черезквартальная трассировка (рис. 2.4, в) — трубопроводы прокладывают внутри квартала, что при детальной планировке жилых кварталов сокращает общую протяженность сети. Существенные преимущества этой трассировки заключаются в том, что трубопроводы пересекают проезды на отдельных коротких участках, не загромождая подземную часть, насыщенную другими инженерными коммуникациями. Пересечения трубопроводов с городскими инженерными сооружениями (железными дорогами, автотрассами) и естественными препятствиями (реками, оврагами) представляют собой сложные участки, на которых трудно обеспечить надежность работы системы водоотведения. Поэтому таких пересечений следует избегать и сводить их к минимуму. Рассмотренные выше правила трассировки и разработки схем водоотводящих сетей эффективны при открытом способе производства работ по прокладке трубопроводов до глубины 6...8 м. При этом требуется большое число насосных станций перекачки сточных вод. Например, для Москвы потребовалось устройство 120 насосных станций, что значительно снижает надежность работы сооружений и также усложняет условия эксплуатации из-за значительной протяженности напорных водоводов, превышающих 600 км.

Щитовой метод строительства коллекторов глубокого заложения упрощает разработку схем сетей. Он позволяет прокладывать коллекторы через центры тяжести наибольшего притока сточных вод независимо от рельефа местности. Глубина заложения коллекторов при закрытом способе строительства не ограничивается. При этом сокращается число насосных станций перекачки воды (рис. 3.3). Особенно эффективно применение щитового метода строительства при реконструкции водоотводящих сетей в существующих городах с большим числом подземных коммуникаций. Щитовой метод широко применяется в ряде городов России. В Москве

щитовым методом первым был проложен Обручевский канал глубокого заложения диаметром 4,1-4,5 м, длиной 6,2 км с пропускной способностью 2000 тыс. м³/сут. В месте пересечения водораздела глубина заложения достигла 46 м. В настоящее время большинство коллекторов большого диаметра прокладывается бестраншейными методами щитовой проходки или микротоннелирования.

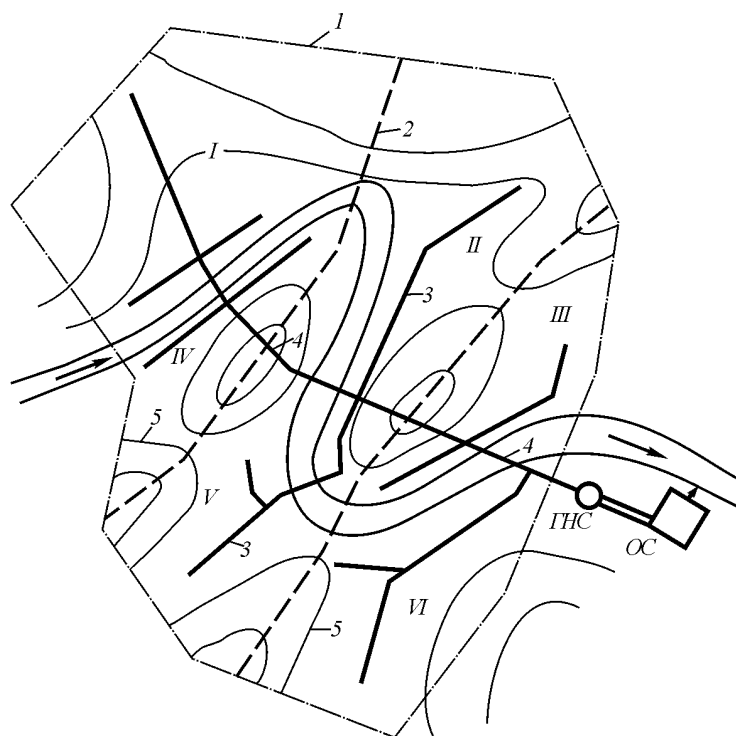


Рис. 2.5. Схема водоотводящей сети города с коллектором глубокого заложения:
1 - границы города; 2 - линии водоразделов; 3 - коллекторы бассейнов; 4 - коллектор глубокого заложения; 5 - горизонталы; I - VI - номера бассейнов

Для обоснования оптимальной схемы водоотведения обычно рассматривают несколько равноценных в технологическом и санитарном отношении вариантов. Выбор оптимальной схемы основан на результатах экономического сравнения вариантов на стадии разработки технического проекта. Гидравлический расчет водоотводящих сетей производится на стадии технического проекта. Основой для расчета является выбранная схема водоотведения. На схемах фиксируются начала и концы расчетных участков. Длины расчетных участков принимаются равными длине кварталов. Расчет

начинают с диктующей точки. Диктующая точка - наиболее удаленная и низко расположенная начальная точка водоотводящей сети. Начиная от диктующей точки в направлении движения воды нумеруются расчетные участки и определяют их длины. Затем определяют расчетные расходы, по которым устанавливают диаметры и уклоны трубопроводов. По итогам расчета строят продольные профили уличных трубопроводов и коллекторов. При разработке рабочих чертежей составляют планы водоотводящей сети в масштабе 1:500 или близком к этому. Все сооружения водоотводящей сети (колодцы, камеры) привязывают к углам зданий и реперам засечками.

Пример такого плана показан на рис. 2.6. Расположение трубопроводов располагают по оси или около одной или по обе стороны проездов в зависимости от ширины проезжей части числа присоединений внутриквартальных сетей и насыщенности подземной части другими коммуникациями. Расположение трубопроводов в пределах проездов увязывается с другими подземными сооружениями и коммуникациями по определенным нормативам и правилам, разрабатываемым и контролируемым специальной службой отдела подземных сооружений.

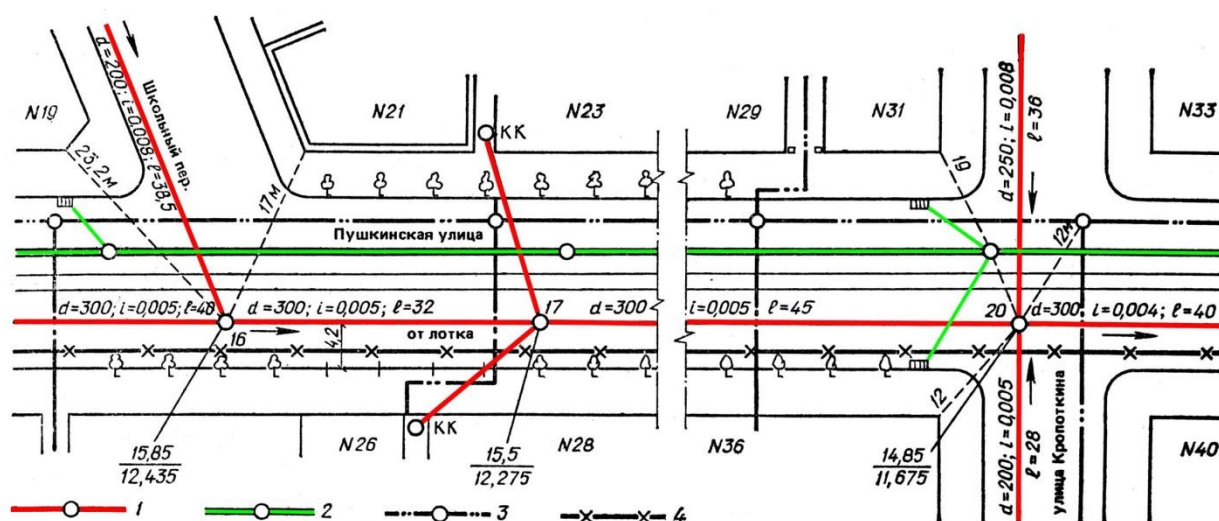


Рис. 2.6. План водоотводящей сети проезда:

1 - проектируемый самотечный трубопровод; 2 - водосток; 3 - водопровод; 4 - газопровод; KK - контрольный колодец

Схемы водоотводящих сетей промышленных предприятий. Особенность схем водоотведения промышленных предприятий заключается в том, что там выполняется несколько технологических водоотводящих сетей, имеющих свои регулирующие резервуары, насосные установки и очистные сооружения. Составление схем сетей и расположение других сооружений производится с учетом размещения производственных цехов и выпусков из них воды. Расположение подземных и наземных сооружений выполнено как единое подземное комплексное хозяйство с учетом общего планировочного решения промышленной площади и взаимной компактной и легкодоступной прокладки сетей. Насосные установки для перекачки производственных сточных вод, выделяющих вредные газы и пары, располагаются в отдельных зданиях с обеспечением постоянной их вентиляции. Для инертных производственных и бытовых сточных вод допускается совмещенная насосная станция, а приемный резервуар выполняют с числом отделений, соответствующих числу несмешиваемых потоков. Бытовые сточные воды промышленного предприятия по отдельным сетям самотеком или с помощью насосов отводят в городскую водоотводящую сеть.

2.5. Методика расчета и проектирования водоотводящих сетей

Проектирование и расчет водоотводящих сетей состоит в определении диаметров и уклонов трубопроводов, обеспечивающих при наиболее благоприятных гидравлических условиях пропуск расходов сточных вод в любой момент времени. Поскольку самотечное движение сточных вод в энергетическом отношении является наиболее выгодным, то основная задача при проектировании заключается в построении продольного профиля коллекторов, определяющего объемы земляных работ и положения водоотводящих трубопроводов в подземной части относительно других инженерных коммуникаций. Основой для определения диаметров трубопроводов является расчетный расход, зависящий от удельной нормы

водоотведения бытовых вод от города — среднесуточной (за год) расход воды, л/сут, отводимой от одного человека.

Удельная норма водоотведения зависит от уровня санитарно-технического оборудования зданий и в определенной степени от климатических условий.

В табл. 2.5. показано влияние степени благоустройства зданий на величину удельного водоотведения.

Таблица 2.5

Удельное водоотведение бытовых сточных вод от города

Степень благоустройства жилых зданий	Удельное водоотведение, л/(чел·сут)
Жилые здания с внутренним водоснабжением и водоотведением:	
без ванн	125-160
с ваннами и местными водонагревателями	160-220
с централизованным горячим водоснабжением	200-270

В отдельных микрорайонах в зданиях с повышенным комфортом удельные нормы могут достигать 500 л/(чел·сут). Российский опыт показывает, что обычно удельное водоотведение равно удельному водопотреблению. Действие рыночных отношений в коммунальном хозяйстве будет влиять на удельное водоотведение, поэтому его следует постоянно изучать и уточнять.

Удельное водоотведение бытовых вод промышленных предприятий приведено в таблице.

Таблица 2.6

Удельное водоотведение бытовых вод от промышленных предприятий

Условия работы	Удельное водоотведение, л/(чел·сут)	Коэффициент часовой неравномерности, K_6
Горячие цеха (с тепловыделением более 80 кДж/(ч·м ³))	45	2,5
Обычные (холодные) цеха	25	3
Административные здания (корпуса)	15	3

Расходы воды от душей и ножных ванн определяются по часовым расходам воды, равным: на одну душевую сетку составляет 500 л/ч; на одну ножную ванну со смесителем — 250 л/ч. Продолжительность водной процедуры равна для душа 8 мин., для ванны — 16 мин. Продолжительность пользования душем и ванной 45 мин. с равномерным водопотреблением и водоотведением. Удельное водоотведение производственных сточных вод — это количество воды, м³, отводимое на единицу выпускаемой продукции. Величина удельного водоотведения зависит от вида производства и степени совершенства водной технологии. Самые совершенные — непрерывные производственные процессы с повторно-оборотным использованием воды - имеют самые низкие значения удельного водоотведения. В период дождей и снеготаяния наблюдается значительное поступление в водоотводящую сеть дождевых и талых вод. В связи с этим возникло требование о проведении проверочных расчетов водоотводящих сетей на пропуск максимального расхода с учетом дополнительного притока дождевых и талых вод. Дополнительный расход q_d , л/с, следует определять на основании данных эксплуатации, а при их отсутствии по формуле

$$q_d = 0,15L\sqrt{m_d}, \text{ л/с,}$$

где L — общая длина водоотводящей сети, км; m_d — максимальное суточное количество осадков, мм.

Надежный прием и отведение сточных вод в указанный выше период может быть обеспечен снижением расчетного наполнения коллекторов, не превышающем $h/d = 0,7$, что естественно удорожает строительство водоотводящих сетей. Опыт эксплуатации водоотводящих сетей г. Москвы выявил другой более эффективный способ повышенного водоотведения в паводковые периоды и дни интенсивных дождей.

Новая технология зарегулирования притока сточных вод реализуется с использованием аварийно - регулирующих резервуаров, позволяющих значительно снизить пиковую гидравлическую нагрузку на основные сооружения водоотведения, снизить величину коэффициента неравномерности поступления стоков на насосные станции и очистные сооружения, что существенно повышает стабильность их работы.

Коэффициенты неравномерности. Приток сточных вод колеблется по суткам в пределах года и по часам суток.

Коэффициент суточной неравномерности поступления сточных вод

$$K_1 = Q_1 / Q_2$$

где Q_1 , Q_2 — максимальный и средний суточный расход за год.

Коэффициент суточной неравномерности используют при анализе колебаний бытовых сточных вод от города. В зависимости от местных условий он равен 1,1-1,3.

Коэффициент часовой неравномерности:

$$K_2 = q_1 / q_2 ,$$

где q_1 , q_2 — максимальный и средний часовые расходы в сутки с максимальным водоотведением.

Общий максимальный коэффициент неравномерности:

$$K = K_1 \cdot K_2 .$$

Общий максимальный коэффициент принимает вид:

$$K = (24q_1/24q) \cdot (q_1/q_2)$$

или

$$K = q_1/q$$

где q — среднечасовой расход в сутки со средним поступлением сточных вод. Общий коэффициент неравномерности есть отношение максимального часового расхода в сутки с максимальным поступлением сточных вод к среднечасовому расходу в сутки со средним водоотведением.

Многочисленными исследованиями установлено, что общий коэффициент неравномерности зависит от величины среднего расхода сточных вод.

Для надежности действия некоторых сооружений водоотведения необходимо знать минимальные расходы, то есть значения общего минимального коэффициента неравномерности

$$K_m = q_m / q$$

где q_m — минимальный часовой расход в сутки с минимальным водоотведением.

В табл. 2.7 показаны значения коэффициентов неравномерности от среднесекундного расхода, с помощью которых вычисляют значения расчетных максимальных и минимальных расходов сточных вод.

Таблица 2.7.

Общие коэффициенты неравномерности притока
бытовых вод от города

Средний расход сточных вод, л/с	Общий коэффициент неравномерности	
	K	K _m
5	2,5	0,38
10	2,1	0,45
20	1,9	0,5
50	1,7	0,55
100	1,6	0,59
300	1,55	0,62

500	1,5	0,66
1000	1,47	0,69
5000 и более	1,44	0,71

Примечания:

1. Общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод допускается принимать при количестве производственных сточных вод, не превышающих 45 % общего расхода.

2. При промежуточном значении среднего расхода сточных вод общие коэффициенты неравномерности следует определять интерполяцией.

3. Для начальных участков сети, где средний расход менее 5 л/с действует правило для безрасчетных участков, на которых принимают минимально допустимые диаметры и уклоны труб.

4. При более значительном количестве производственных сточных вод, чем указано в примечании 1, расчетные расходы устанавливают по графикам и таблицам суммарного притока сточных вод от города и промышленного предприятия по часам суток.

Приток бытовых вод от промышленных предприятий характеризуется максимальным коэффициентом часовой неравномерности K_6

$$K_6 = q_{\max} / q_{\text{mid}},$$

где $q_{\max}$ и q_{mid} — максимальный и средний расходы в час за смену. Многочисленными наблюдениями установлено, что коэффициент часовой неравномерности притока бытовых сточных вод практически одинаков для различных отраслей промышленности.

Рекомендуемые значения K_6 приведены в табл. 2.8, где показан режим отведения бытовых вод от промышленного предприятия по часам смены.

Таблица 2.8.

Режим отведения бытовых вод промышленного предприятия

Часы смены	Холодный цех, 25 л/(см·чел)		Горячий цех, 45 л/(см·чел)	
	Значение K_{δ} при $K_{\delta.х.}=3$	Расходы в %	Значение K_{δ} при $K_{\delta.г.}=2,5$	Расходы в %
0-1	1	12,5	1	12,5
1-2	0,625	6,2	0,6	7,5
2-3	0,625	6,2	0,6	7,5
3-4	0,625	6,2	0,6	7,5
4-5	1,5	18,75	1,5	18,75
5-6	0,625	6,2	0,6	7,5
6-7	0,625	6,2	0,6	7,5
7-8	3	37,5	2,5	31,25
Всего за смену		100		100

Определение расчетных расходов бытовых и производственных сточных вод. Под расчетным расходом подразумевается расход, являющийся лимитирующим при расчете сооружений водоотведения.

Для расчета водоотводящих сооружений используются средние и максимальные суточный, часовой и секундный расходы.

Расчетные расходы бытовых вод от города определяют по следующим формулам:

средний суточный:

$$Q_2 = q_{\delta} \cdot N / 1000, \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

максимальный суточный:

$$Q_1 = (q_{\delta} \cdot N / 1000) \cdot K_1, \text{ м}^3/\text{сут};$$

средний часовой:

$$q = q_{\delta} \cdot N / (1000 \cdot 24),$$

максимальный часовой:

$$q_1 = q \cdot K, \text{ м}^3/\text{ч};$$

средний секундный:

$$q_{mid.s} = q_{\delta} \cdot N / (24 \cdot 3600), \text{ л/с};$$

максимальный секундный:

$$q_{\max.s} = q_{\text{mid.s}} \cdot K, \text{ л/с},$$

где q_6 — удельное водоотведение бытовых вод, л/(чел·сут); N — расчетное население.

Максимальный секундный расход удобно определять по формуле

$$q_{\max.s} = q_0 FK,$$

где F — селитебная площадь кварталов, га; q_0 — модуль стока, л/(с·га) — обобщенный показатель расхода с единицы площади жилых кварталов, определяемый по формуле

$$q_0 = q_6 \cdot P / 24 \cdot 3600,$$

где P — плотность населения, чел/га.

Нормами водоотведения бытовых вод от города не учитываются расходы воды, поступающие от домов отдыха, санаториев, профилакториев и др. Эти расходы воды определяются и учитываются отдельно.

Расчетные расходы бытовых вод от промышленных предприятий определяются по формулам:

$$Q_{\text{mid}} = (25N_1 + 45N_2) / 1000, \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\max.cm} = (25N_3 + 45N_4) / 1000, \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$q_{\max.s} = (25N_3 \cdot K_{6.x.} + 45N_4 \cdot K_{6.z.}) / t \cdot 3600, \text{ л/с},$$

где N_1 и N_2 — число работающих в сутки при удельном водоотведении соответственно в холодных и горячих цехах 25 и 45 л/см ; N_3 и N_4 — то же, в смену с максимальным числом работающих при удельном водоотведении соответственно 25 и 45 л/см на одного работающего; Q_{mid} — среднесуточный расход; $Q_{\max.cm}$ — расход в смену с максимальным числом работающих; $K_{6.x.}=3$ и $K_{6.z.}=2,5$ — коэффициенты часовой неравномерности при удельном водоотведении соответственно 25 и 45 л/см на одного работающего; t — продолжительность смены, ч.

Расчетные расходы душевых вод с учетом их равномерного образования в течение 45 минут последнего часа смены можно определять по формулам:

$$Q_{\max.cm} = q_{д.с.} m_{д} 45 / 1000 \cdot 60, \text{ м}^3/\text{см}$$

$$Q_{cm} = (q_{д.с.} m_{д} 45 / 1000 \cdot 60) (N_{cm} / N_{\max}), \text{ м}^3/\text{см}$$

$$q_{\max.s} = q_{д.с.} m_{д} / 3600, \text{ л/с}$$

где $q_{д.с.}$ - расход воды через одну душевую сетку, равный 500 л/ч; $m_{д}$ - число душевых сеток; N_{cm} и $N_{\max}$ — число рабочих, пользующихся душем, соответственно, в рассчитываемую и максимальную смены; 45 - продолжительность работы душа в последний час смены, мин.

Число душевых сеток:

$$m_{д} = N_{\max} \cdot t_{п} / t_{д}, \text{ шт}$$

где $t_{п} = 9$ - продолжительность водной процедуры одним пользующимся душем, мин; $t_{д} = 45$ - продолжительность работы душа, мин.

Расход душевых вод можно определить по формулам:

$$Q_{mid} = (40N_5 + 60N_6) / 1000, \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\max.cm} = (40N_7 + 60N_8) / 1000, \text{ м}^3/\text{см},$$

$$q_{\max.s} = (40N_7 + 60N_8) / (45 \cdot 60), \text{ л/с},$$

где N_5 и N_7 — число пользователей душем в холодных и горячих цехах с удельной нормой 40 л/чел, N_6 и N_8 — то же в горячих цехах с удельной нормой 60 л/чел.

Расчетные расходы производственных сточных вод определяют по формулам:

$$Q_{mid} = q_{п} M, \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\max.cm} = q_{п} M_{\max}, \text{ м}^3/\text{см};$$

$$q_{\max.s} = q_{п} M_{\max} K_{п} / (t \cdot 3,6), \text{ л/с},$$

где $q_{п}$ — удельное водоотведение производственных сточных вод, м^3 , на единицу выпускаемой продукции; M и $M_{\max}$ — количество выпускаемой продукции, соответственно, в сутки и смену с наибольшей производительностью; $K_{п}$ — коэффициент часовой неравномерности; t — продолжительность смены (технологического процесса), ч.

Коэффициент часовой неравномерности притока производственных сточных вод K_{II} зависит от отрасли промышленности, вида выпускаемой продукции и степени совершенства технологического процесса.

При проектировании коэффициент K_{II} следует принимать на основании опыта работы аналогичных промышленных предприятий или по рекомендациям технологов.

Расчет, выполненный по вышеизложенным формулам, позволяет установить экстремальные часовые расходы сточных вод и расходы за другое время.

Для удобства расчетов водоотводящих сооружений полученные результаты определения расходов целесообразно сводить в ведомости. Форма сводной ведомости приведена в табл. 2.9.

Таблица 2.9.

Форма сводной ведомости суммарных расходов сточных вод

Обслуживаемый объект	Расходы сточных вод					
	Среднесуточные, м ³ /сут		Максимальные часовые, м ³ /ч		Максимальные секундные, л/с	
	Бытовых и душевых	Производственных	Бытовых и душевых	Производственных	Бытовых и душевых	Производственных
Город						
Промышленное предприятие						
Всего						

Режим водоотведения сточных вод по часам суток. Распределение расхода сточных вод по часам суток удобно представлять в виде ступенчатого графика (рис. 2.7.). По оси абсцисс откладывается время суток, а по оси ординат - часовые расходы в м³ или в % от суточного расхода.

Отклонение от значения среднечасового расхода, равного $100/24 = 4,17 \%$, зависит от среднесекундного расхода и соответствующего ему коэффициента неравномерности водоотведения.

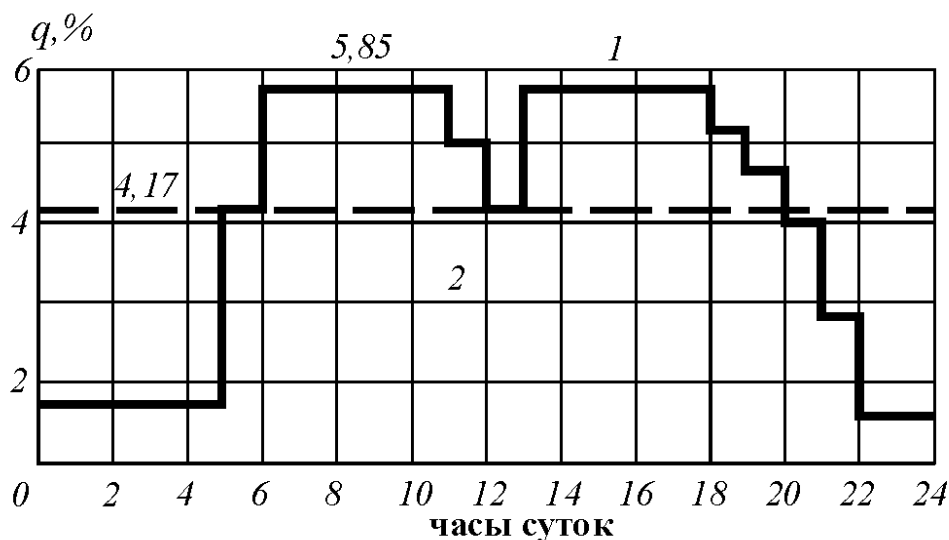


Рис. 2.7. Ступенчатый график притока сточных вод:
1 - реальный приток; 2 - равномерный приток

Такие графики наглядны и более точны, если строятся при заполнении суммарной таблицы притока сточных вод от города и промышленных предприятий, с учетом распределения бытовых и производственных сточных вод от промышленного предприятия по часам смены.

Расчетные участки трубопроводов и коллекторов — это отдельные расчетные участки, в пределах которых расход считают условно постоянным. Определять суммарные (максимальные) расчетные расходы сточных вод различного происхождения с учетом графиков их притока для всех участков сложно, так как эти пиковые расходы не совпадают по времени, что способствует созданию некоторого запаса. Этот запас наиболее ощутим лишь на нескольких начальных участках, когда так называемый «сосредоточенный расход» бытовых, душевых и производственных сточных вод от промышленных предприятий соизмерим с расходом бытовых вод от города, отводимым по коллекторам наибольшего сечения.

Опыт проектирования водоотводящих сетей подтверждает возможность указанного выше метода определения расчетных (суммарных) расходов.

При расчете насосных станций, аварийно - регулирующих резервуаров и очистных сооружений необходимо иметь распределение суточных и сменных расходов по часам суток и смен.

Суммарные расходы сточных вод в отдельные часы суток получают путем составления суммарной таблицы притока сточных вод, форма которой представлена в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Форма таблицы суммарного притока сточных вод от города и промышленных предприятий

Часы суток	Бытовые воды от города		Воды от промышленного предприятия №1					Суммарные расходы	
			Бытовые		Душевые	Производств енные			
	%	м³	%	м³	м³	%	м³	м³	%
0-1									
1-2									
...									
23-24									
Всего	100		100			100			100

Максимальный часовой расход по табл. 1.10 будет меньше суммы максимальных расходов отдельных видов сточных вод, получаемый с помощью табл. 2.9., так как пиковые расходы не совпадают по времени.

Расчет с использованием табл. 2.10 исключает запас и этот расход ближе к действительному.

В значениях удельного водоотведения бытовых вод учтены расходы не только от жилых домов, но и от административных зданий и коммунально-бытовых предприятий. Применяемые формулы для расчета бытовых сточных вод городских кварталов предполагают равномерное отведение сточных вод с площади кварталов. При размещении на этой площади административных и коммунальных объектов этот принцип нарушается.

На участках, отводящих воду от таких объектов, следует трубопроводы проверять на пропуск сосредоточенных расходов от них. Эти расходы устанавливают по соответствующим действующим нормативам.

В то же время расходы воды на других участках сети могут быть меньше вычисленных по формулам. В этом случае для района, где расположены административные здания и коммунальные предприятия, модуль стока следует определять без учета расходов воды от указанных выше объектов по формуле

$$q_0 = \frac{(Q_{mid} - \sum Q_c) \cdot 1000}{\sum F \cdot 86400}, \text{ л/(с} \cdot \text{га)}$$

где Q_{mid} — среднесуточный расход сточных вод от рассматриваемого района водоотведения, м³/сут, с суммарной площадью кварталов $\sum F$, га; $\sum Q_c$ — сумма сосредоточенных расходов от объектов нежилого назначения, м³/сут.

Удельное водоотведение без учета расходов от нежилых объектов q'_δ может быть определено по формуле

$$q'_\delta = q_\delta - \frac{\sum Q_c \cdot 1000}{\sum F \cdot P}, \text{ л/(чел} \cdot \text{сут)}.$$

Методика определение расчетных расходов сточных вод для отдельных участков сети. Расчетный расход для расчетного участка сети можно определить по тяготеющим площадям и по удельному расходу на единицу длины трубопровода. Первый метод «площадей» широко применяется в инженерной практике, второй — метод «длин» — применяется реже, преимущественно при расчете сети с использованием ЭВМ.

При определении расчетного расхода по тяготеющим площадям используются понятия транзитного, бокового, попутного и сосредоточенного расходов.

На рис. 2.8. представлены схемы, иллюстрирующие методику определения расхода q_{21-22} на участке 21-22.

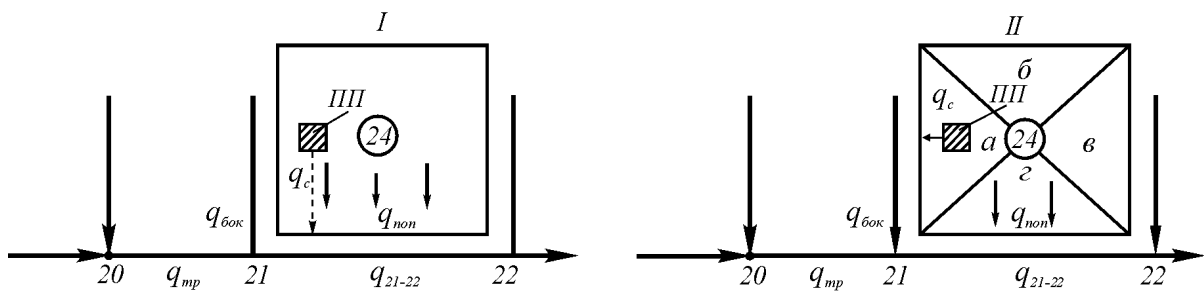


Рис. 2.8. Схемы к определению расчетных расходов:
 I - трассировка сети по пониженной грани; II - то же, по объемлющей схеме; а-г - части кварталов, тяготеющие к прилегающим веткам

Транзитный расход $q_{тр}$ — расход на предшествующем расчетном участке (участок 20-21); боковой расход $q_{бок}$ — расход, поступающий с боковой ветки; попутный расход $q_{нон}$ — расход, поступающий с прилегающего квартала; сосредоточенный расход q_c от нежилого объекта.

При определении расчетного расхода общий коэффициент неравномерности может быть введен только на общий средний расход q_i

$$q_i = q_0 \cdot F_i, \text{ л/с}$$

где q_0 — модуль стока, вычисляемый по ранее приведенной формуле; F_i — общая площадь кварталов, тяготеющая к данному расчетному участку.

По схемам на рис. 2.8. видно, что попутный расход $q_{нон}$ в рассматриваемый участок 21-22 поступает по всей его длине. В целях упрощения расчета его условно считают присоединенным в начале участка (в точке 21).

Сосредоточенный расход q_c от нежилого объекта определяют как сумму расчетных расходов сточных вод различного происхождения (например, бытовых, душевых и производственных), каждый из которых вычисляют по соответствующим формулам (см. выше). Различают транзитный и местный сосредоточенные расходы.

I. Местный сосредоточенный расход — расход от промышленного предприятия, расположенного на прилегающем квартале или его части (при трассировке сети по пониженной стороне квартала).

II. Транзитный сосредоточенный расход — расход от промышленного предприятия, попадающий в сеть выше расчетной точки 21.

Таким образом, расчетный расход на отдельном участке сети q_{21-22} определяется по формуле

$$q_{21-22} = [(q_{\text{поп}} + q_{\text{бок}}) + q_{\text{тр}}] \cdot K + q_c, \text{ л/с}$$

В целях упрощения расчеты осуществляют по определенной форме (табл. 2.11.). Предварительно на схеме водоотведения нумеруют все кварталы и определяют их площадь, га. Расчетный коллектор разбивают на отдельные расчетные участки (см. рис. 2.9.).

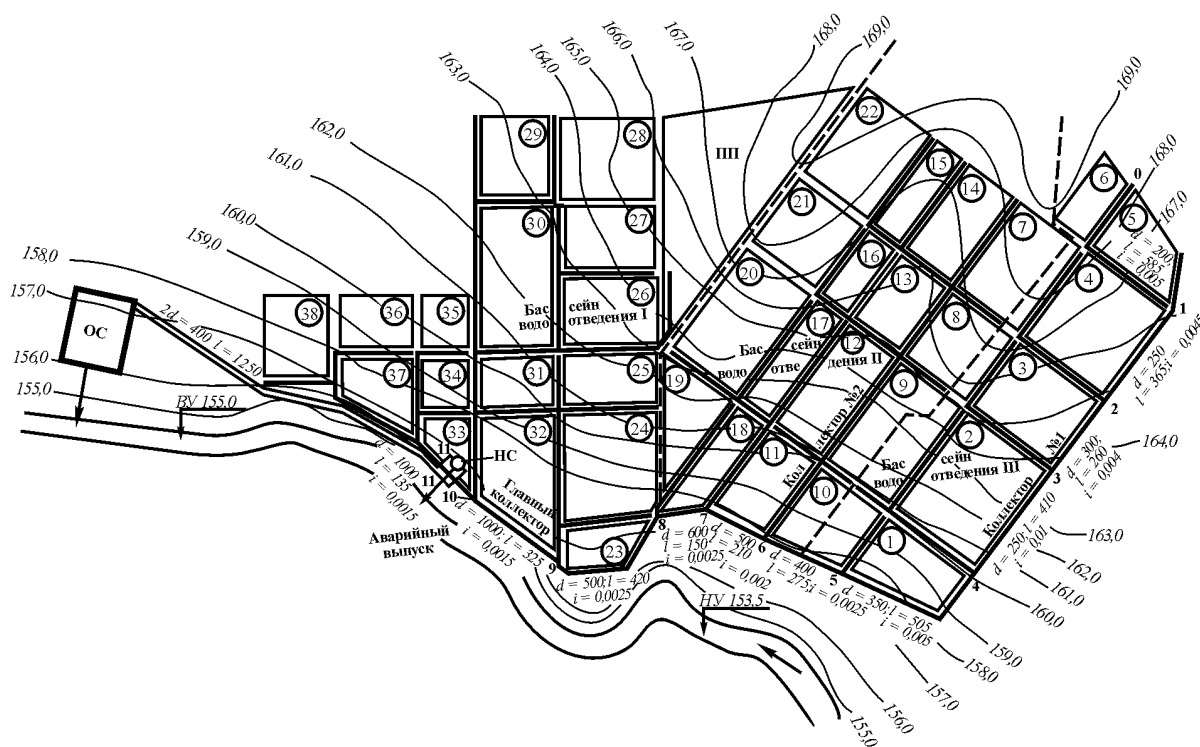


Рис. 2.9. Пример схемы водоотводящей сети города

В графу 1 заносят номера расчетных участков по движению воды от кварталов, создающих попутный, боковой и транзитный расходы, а в графу 3 — вычисленные суммы их площадей F , га. В графе 4 указывают определенный для данного района модуль стока q_0 , л/(с·га).

В графу 5 заносят значение среднего секундного расхода со всей тяготеющей к данному участку площади (попутного и бокового) $q_{\text{mid.s.}}$, л/с. Транзитный расход в графе 6 равен среднему расходу в графе 7 на предыдущем расчетном участке.

В графу 7 записывают $q_{mid, s}$ — сумму средних бокового, попутного и транзитного расходов; в графу 9 — $q_{max, s}$ — максимальный расход бытовых вод на расчетном участке.

Местный сосредоточенный расход на всех последующих участках становится транзитным. Расчетный расход в графе 12 вычисляется как сумма расходов в графах 9-11.

Определение расчетных расходов начинают с диктующих точек. В табл. 2.11. приведено вычисление расчетных расходов для коллектора №1 схемы водоотводящей сети города, представленной на рис. 2.9.

Таблица 2.11.

Определение расчетных расходов для отдельных участков сети коллектора №1

№ расчетн ых участко в	№ квартало в	F, га	q_0 , л/(с·га)	$q_{non} +$ $q_{бок}$, л/с	Q_{TP} , л/с	$q_{mid.s}$, л/с	K	q, л/с	Сосредоточенный расход, q_c , л/с		Расчетный расход q_{cit} , л/с
									Местны й	Транзит ный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	6	3,2	0,69	2,21	-	2,21	5,97	5,97	-	-	5,97
1-2	5;4	13,5	0,69	9,32	2,21	11,53	24,21	24,21	-	-	24,21
2-3	7(1/4)	2	0,69	1,38	11,53	12,91	26,47	26,47	-	-	26,47
3-4	3;8(1/3)	10,27	0,69	7,09	12,91	20	38	38	-	-	38
4-5	9(1/2);2	22,9	0,69	15,8	20	35,8	64,44	64,44			64,44
5-6	1	5,7	0,69	3,93	35,8	39,73	70,32	70,32	-	-	70,32
6-7	10 9(1/2);7 (3/4);8(2/3); 11-16; 21;22	57,74	0,69	39,84	39,73	79,57	130,49	130,49	-	-	130,49
7-8	17;18;20	17,6	0,69	12,14	79,57	91,71	148,57	148,57	-	-	148,57

Техника вычисления существенно упрощается, если результаты гидравлического расчета и построение продольного профиля сводятся в таблицу определенной формы.

Расчетный расход сточных вод по удельному расходу на единицу длины трубопроводов, тяготеющих к отдельным участкам сети определяется аналогично описанному выше.

Средние попутные, боковые и транзитные расходы находят по формуле

$$q_i = q_{y\partial} \Sigma l_i, л / с$$

где $q_{y\partial}$ — удельный расход на 1 м длины самотечных трубопроводов всего города; Σl_i — суммарная длина всех участков сети, присоединяемых к началу расчетного участка.

Удельный расход определяется по формуле

$$q_{y\partial} = q_{mid.s} / L, л / с$$

где $q_{mid.s}$ — средний расход сточных вод от всего города, L — общая протяженность самотечных трубопроводов, города, м.

Вычисленные расходы сточных вод для отдельных участков сети сводятся в табл. 2.13, аналогичную табл. 2.11

Отличие табл. 2.13 от табл. 2.11 заключается в том, что в графе 2 проставляются номера участков боковых веток, присоединяемых к началу расчетного участка, а в графе 3 - суммарная длина этих участков, в графе 4 - удельный расход, определенный по формуле (см. выше).

Таблица 2.12.

Форма таблицы для гидравлический расчет коллектора

№ участка ов	Длина l , м	Расчетный расход $q_{сб}$, л/с	Диаметр d , мм	Уклон i	Скорость v , м/с	Наполнение		Падение $h = i l$
						h/d	h , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-1								
1-2								
...								

Продолжение таблицы 2.12.

Отметки по расчетным участкам, м						Глубина заложения лотка трубы, м	
поверхности земли		поверхности воды		лотка трубы			
в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце
10	11	12	13	14	15	16	17

Таблица 2.13.

Форма таблицы определения расчетных расходов для отдельных участков сети по удельному расходу на 1 м длины трубопровода

№ расчетных участков	№ участков трубопровода	$\sum L$, м	$q_{уд}$, л/(с·м)	$q_{нон} + q_{бок}$, л/с	$q_{тр}$, л/с
1	2	3	4	5	6
0-1					
1-2					
...					

Примечание. Графы 7-12 (в таблице не показаны) аналогичны этим же графам в табл. 2.11

Анализ рассмотренных выше методов определения расчетных расходов показывает, что метод по тяготеющим площадям более точен, а метод по удельному расходу может давать завышенные или заниженные расходы на первых пяти - десяти расчетных участках, начиная от диктующей точки.

2.6. Разработка продольного профиля водоотводящей сети (высотное проектирование)

Глубина заложения трубопроводов. Минимальная глубина заложения трубопроводов принимается исходя из следующих трех условий:

- 1) исключение промерзания труб;
- 2) исключение механического разрушения труб под действием внешних нагрузок;
- 3) обеспечение самотечного присоединения к трубопроводам внутриквартальных сетей и боковых веток.

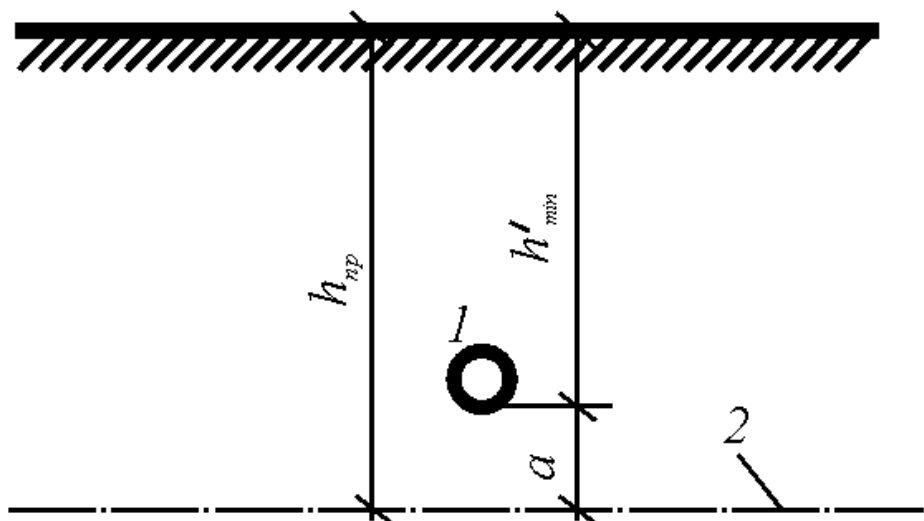


Рис. 2.10. Схема глубины заложения трубопровода:
1 - трубопровод; 2 – нижняя граница мерзлого грунта

Температура сточных вод в зимнее время не снижается ниже 10°C . Поэтому оказывается возможным прокладывать трубопроводы на глубине, меньшей глубины промерзания грунта (рис. 2.10). Благодаря большой

теплоемкости воды вокруг трубы образуется зона талого грунта, которая примыкает к нижней зоне непромерзающего грунта, поэтому трубопровод не промерзает и не разрушается.

Минимальную глубину заложения трубопроводов принимают на основании опыта эксплуатации подземных коммуникаций в данной местности.

При отсутствии данных по опыту эксплуатации минимальная глубина может приниматься равной

$$h'_{\min} = h_{np} - a,$$

где h_{np} — глубина промерзания грунта; a — величина, зависящая от диаметра трубопровода, значение которой рекомендуется принимать равными: 0,3 м — при диаметре до 500 мм и 0,5 м — при большем диаметре.

Данные о глубине промерзания грунта представлены на рис. 2.11.

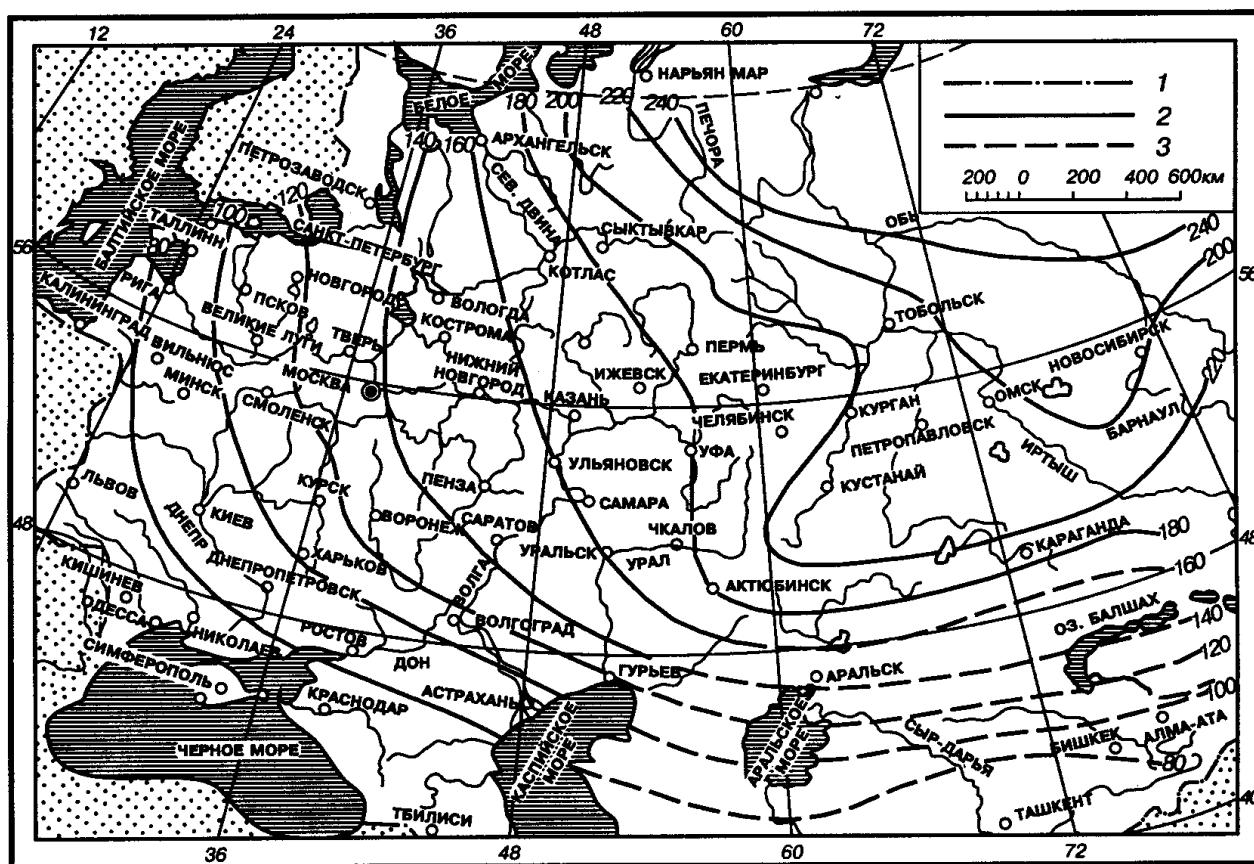


Рис. 2.11. Схематическая карта глубин промерзания грунта:

1 - границы стран СНГ; 2 - изолинии глубин промерзания суглинистых грунтов; 3 - то же, для малоисследованных районов

В целях исключения механического разрушения трубопроводов от внешних нагрузок, возникающих в городских условиях, глубина заложения должна быть не меньше 0,7 м до верха трубопровода. Следовательно, минимальная глубина трубопровода до лотка равна

$$h_{\min}'' = 0,7 + d,$$

где d — диаметр трубы, м.

Минимальная глубина заложения трубопровода в диктующей точке принимается из сравнения этих условий, при этом принимается большая из них. Продольный профиль поверхности земли строится с учетом отметок земли в узловых точках коллектора, взятых по горизонталям с плана города путем интерполирования. Построение продольного профиля коллектора начинается с определения начальной глубины заложения сети в ее «диктующих» точках.

При этом должен обеспечиваться самотечный выпуск сточных вод в городскую сеть от самого далеко и низко расположенного здания в квартале, примыкающего к начальному участку сети. Минимально допустимая глубина уличной сети в начальной точке H_0 , м, определяется по формуле

$$H_0 = h_{\text{вып}} + i(L + l) + Z_0 - Z_{\text{вып}} + \Delta d,$$

где $h_{\text{вып}}$ — глубина заложения выпуска из самого удаленного здания квартала ($h_{\text{вып}} = h_{\min}$), м; Z_0 — отметка поверхности земли в начальной точке уличной сети, м; i — уклон внутриквартальной сети (обычно 0,008... 0,01); $L + l$ — суммарная длина внутриквартальной сети и соединительной ветки, м; $Z_{\text{вып}}$ — отметка поверхности земли у выпуска, м; Δd — разница в диаметрах городской и внутриквартальной сетей, м.

На рис. 2.12. представлена схема к определению минимально допустимой глубины сети в диктующей точке, глубины первого колодца уличной сети.

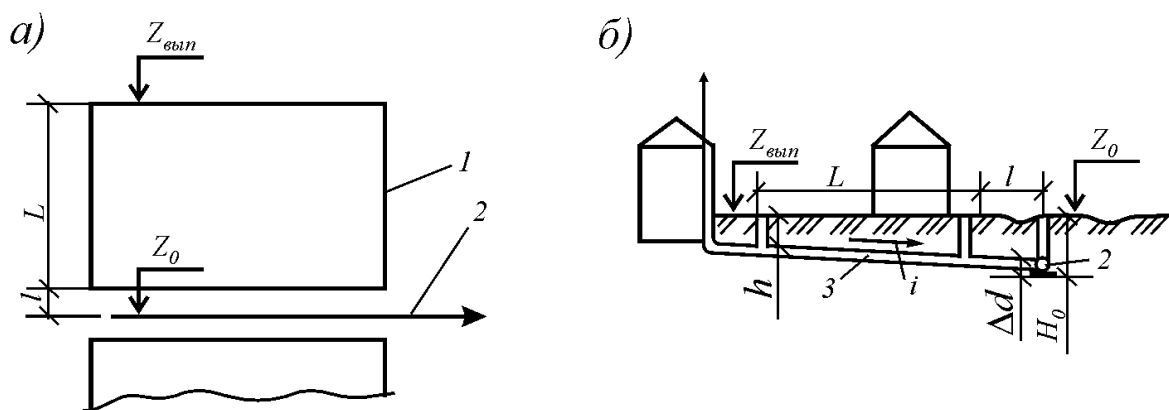


Рис. 2.12. Схемы к определению начальной минимальной глубины заложения уличного трубопровода:

а - план участка; *б* - продольный профиль по трубопроводу; 1 - квартал; 2 - трубопровод уличной сети, 3 - трубопровод внутриквартальной сети

Суммарную длину внутриквартальной сети следует назначать по проекту внутриквартальной сети. В случае его отсутствия длина сети может быть принята равной сумме глубины квартала L и половины ширины проезда l , как на рис. 2.12, *а*.

Аналогично определяется минимальная глубина трубопровода по длине коллектора. В проекте принимается наибольшая из минимальных глубин, определенных из трех указанных выше условий.

Максимальная глубина заложения трубопроводов при открытом способе производства работ диктуется гидрогеологическими, техническими и экономическими условиями:

- в скальных грунтах ее рекомендуется принимать равной 4-5 м;
- в мокрых плавунных — 5-6 м;
- в сухих нескальных грунтах — 7-8 м.

При обосновании необходимости прокладки коллекторов на больших глубинах применяют закрытые способы строительства. Особенно эффективен этот способ в настоящее время при реконструкции систем водоотведения

крупных городов. При этом устраняются технические сложности строительства в стесненных городских условиях с интенсивным движением наземного транспорта и при большом насыщении подземными коммуникациями и сооружениями.

Применение щитового метода строительства с глубоким заложением коллекторов позволяет значительно сократить число насосных станций перекачки сточных вод, что, в свою очередь, повышает надежность систем водоотведения.

Гидравлический расчет и построение профилей водоотводящей сети
Проектирование водоотводящей сети обеспечивает разработку наиболее надежной и экономически эффективной системы водоотведения при соблюдении ряда важнейших оптимальных условий:

1) необходимо обеспечить условия самоочищения сети, то есть скорости движения сточных вод на любом участке сети не должны быть меньше минимально допустимых для принятого диаметра труб;

2) для обеспечения вентиляции сети и возможного сверх расчетного поступления сточных вод расчетное наполнение труб не должно превышать рекомендуемые для соответствующего диаметра;

3) следует соблюдать принцип наращивания скоростей по длине коллектора при плавном слабовыраженном рельефе местности. Исключение допускается при переходе коллектора с крутого участка поверхности земли на более плоский при резком уменьшении уклона трубопровода.

Во избежание чрезмерного заглубления коллектора скорость на таких участках может уменьшиться при условии, что ее значения не будут ниже самоочищающих;

4) необходимо обеспечить возможность самотечного присоединения боковых линий;

5) не следует создавать подпора в сети;

6) необходимо обеспечить наименьшую по техническим условиям глубину заложения сети;

7) при больших уклонах местности скорости сточных вод не должны превышать скоростей, предельно допустимых для выбранного материала труб;

8) необходимо уменьшать количество насосных станций;

9) следует обеспечивать возможность расположения коллекторов на нормативно допустимых расстояниях от других трубопроводов и подземных сооружений, как по горизонтали, так и по вертикали.

Важнейший этап проектирования водоотводящей сети — гидравлический расчет трубопроводов, в итоге которого строится продольный профиль коллекторов, должен реализовываться с учетом всех выше указанных условий оптимизации.

Продольный профиль представляет собой вертикальный разрез — развертку верхнего слоя земли с запроектированным трубопроводом в направлении движения воды (рис. 2.13). Гидравлический расчет начинают с диктующих точек — начальных, низкорасположенных и наиболее удаленных точек схемы водоотведения.

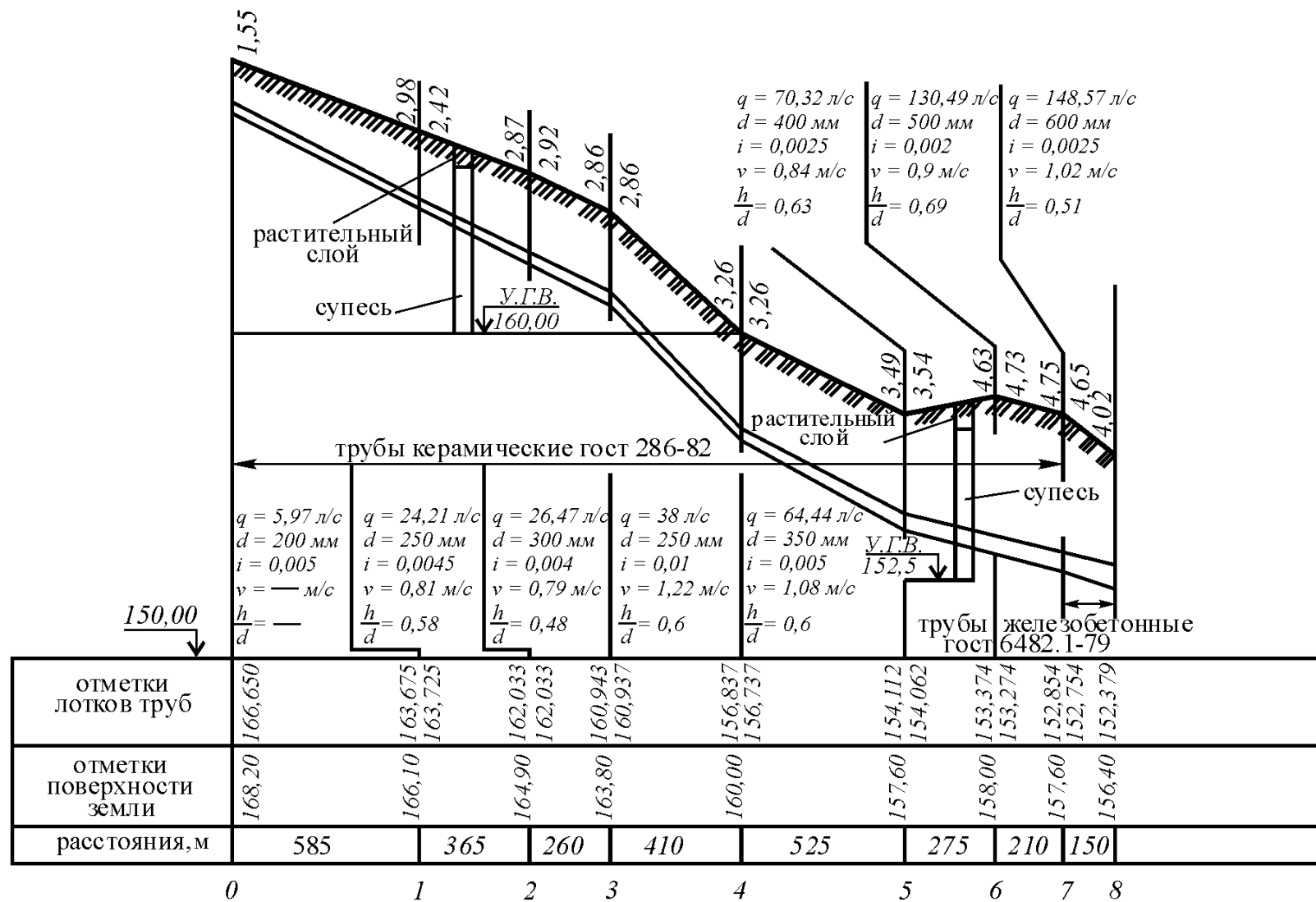


Рис. 2.13. Пример продольного профиля коллектора

При построении продольного профиля от диктующих точек заглубление трубопровода получается наибольшим. Поэтому обеспечивается самотечное присоединение других более благоприятно расположенных всех боковых веток трубопроводов к проектируемому коллектору. Участок сети от диктующей точки до коллектора принято называть *диктующей веткой*.

Как указывалось выше, гидравлический расчет производится с использованием таблиц, графиков или номограмм. Исходными данными для расчета являются: расчетный расход сточных вод, уклон поверхности земли, геологические и гидрогеологические и другие данные по трассе коллектора.

В соответствии с технологическими требованиями, указанными выше, регламентируются скорости движения воды в трубопроводе и его наполнение. Гидравлический расчет сводится к выбору диаметра и уклона трубопровода, обеспечивающего пропуск расчетного расхода при скорости не ниже самоочищающей и наполнении не более регламентируемого нормами.

Уклон трубопровода строго связан со скоростью движения воды. При проектировании водоотводящей сети важнейшим требованием является обеспечение минимума приведенных затрат. Основное влияние на величину приведенных затрат оказывают капитальные вложения. Поэтому при проектировании следует стремиться к минимальной стоимости строительства, в основном к минимальному объему земляных работ.

Проанализируем возможности достижения указанных выше требований при различных условиях рельефа местности.

Первый случай, когда имеем наиболее благоприятные условия проектирования самотечной водоотводящей сети при сильно выраженном рельефе местности, когда уклон местности $i_m > 0,005$.

На рис. 2.14а) изображена такая ситуация — уклон поверхности земли больше минимально допустимого уклона проектируемого трубопровода, а начальное заглубление его равно минимальному. В этом случае наиболее

целесообразно проектировать трубопровод с уклоном, равным уклону поверхности земли.

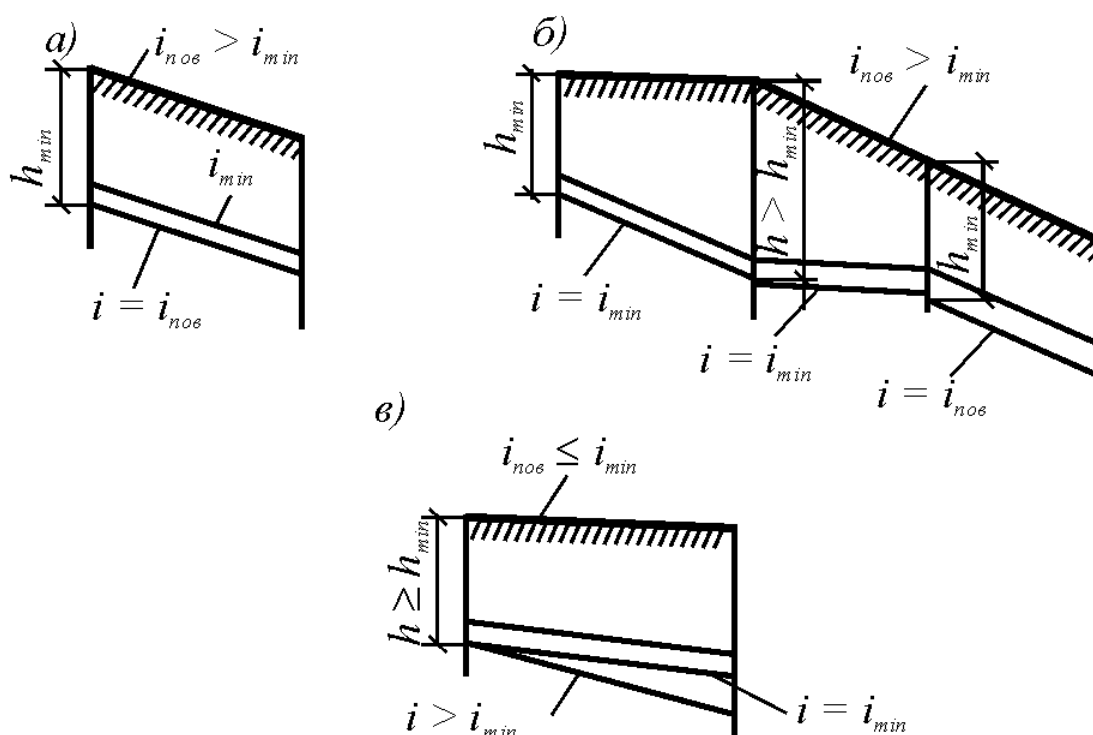


Рис. 2.14. Продольные профили расчетных участков при различных уклонах поверхности земли

Расчет трубопровода выполняется методом подбора. Вначале задаются диаметром и затем проверяют, пропустит ли трубопровод при уклоне, равном уклону поверхности земли, расчетный расход при регламентируемом наполнении. Если пропускной способности недостаточно, то увеличивают диаметр, если наполнение слишком незначительное, то диаметр уменьшают.

В таких благоприятных ситуациях скорость в трубопроводе получается больше минимальной, и с точки зрения эксплуатации такие расчетные участки сети не требуют затрат на прочистку трубопроводов от отложений. На начальных участках сети при малых расходах — меньше 10-12 л/с в трубопроводе минимального диаметра ($d = 200$ мм) могут не обеспечиваться регламентируемые минимальные скорость ($v = 0,7$ м/с) и наполнение ($h/d > 0,5$).

В этом случае участок считают «безрасчетным» и диаметр для него принимают равным минимальному — 200 мм, а уклон — равным уклону поверхности земли, но не менее $i_{min} = 0,005$. Параметры работы трубопровода не принимают во внимание.

Второй случай — когда рельеф более сложный и уклон поверхности земли изменяется с меньшего на больший. На схеме этот случай представлен на втором участке (рис. 2.14, б). Для сокращения объема земляных работ (для выглубления - уменьшения заглубления сети) целесообразно в пределах участка с большим уклоном местности выйти на минимальную глубину. Это достигается на самом коротком участке, если уклон трубопровода равен минимальному уклону, или уклону больше минимального, но меньше уклона местности, при этом в конце этого участка сеть выглубляется до $h = h_{min}$.

Третий случай — наименее благоприятный, когда уклон поверхности земли на расчетном участке меньше допустимого минимального уклона проектируемого трубопровода (рис. 2.14, в). В этом случае целесообразно проектировать трубопровод с уклоном, равным минимальному уклону. При построении продольного профиля трубопровода решается вопрос о соединении труб по высоте. В инженерной практике применяются два способа соединения труб в расчетной точке: «шелыга в шелыгу» и «по уровням воды».

На рис. 2.15, а и б показаны схемы соединения трубопроводов одинакового диаметра, а на рис. 2.15, в, г — трубопроводов разного диаметра.

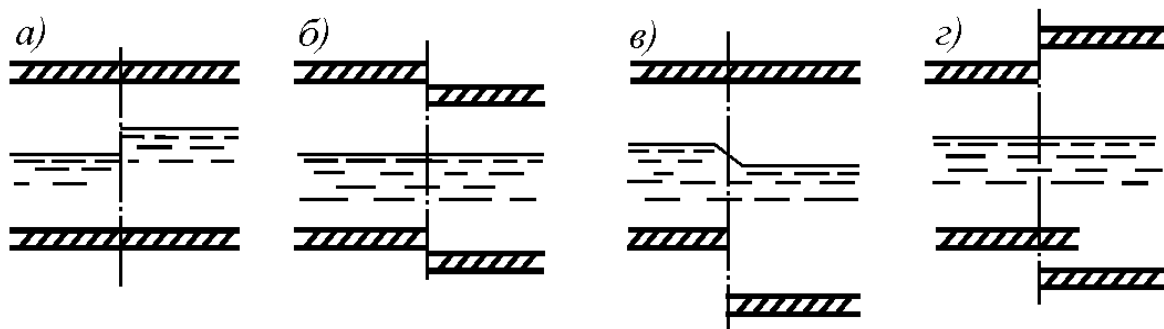


Рис. 2.15. Схемы соединения труб:

а, в - шелыга в шелыгу; б, г - по уровням воды

Соединение трубопроводов осуществляется в пределах смотровых колодцев.

При соединении трубопроводов «шелыга в шелыгу» (см. рис. 2.15, *а, в*) совмещаются по высоте верхние части сводов труб, называемые шелыгами. При соединении труб «по уровням воды» (см. рис. 2.15, *б, г*) совмещаются по высоте расчетные уровни воды.

Опыт эксплуатации показывает, что для объектов водоотведения, имеющих равнинный характер со слабовыраженным рельефом местности предпочтительны соединения труб одинакового диаметра «по уровням воды», а разного диаметра — «шелыга в шелыгу».

При соединении труб одинакового диаметра «шелыга в шелыгу» возможно подтопление лежащих выше участков трубопроводов снизу, что нежелательно из условий самоочищения трубопроводов. При неблагоприятном слабовыраженном рельефе местности из двух методов соединения труб разного диаметра предпочтителен второй метод — «по уровням воды» (см. рис. 2.15, *г*), при котором заглубление сети получается наименьшим.

Продольный профиль выполняют в масштабах: горизонтальном, равном масштабу плана в 1:5000 или 1:10000, и вертикальном, равном 1:50, 1:100 или 1:200.

В основании профиля заполняют четыре строки (полосы) со следующими данными (снизу вверх): номера расчетных точек; расстояния между ними; отметки поверхности земли; отметки лотков труб. Верхнюю линию этих строк принимают за условный горизонт. Отметка его принимается на 10 м ниже наименьшей отметки поверхности земли, для того чтобы в пределы профиля вместить изображения инженерных сооружений и коммуникаций по трассе коллектора.

Отметки земли на профиле указывают с точностью до 1 см, а лотков труб — до 1 мм.

Поверхность земли между расчетными точками изображают прямыми линиями, если на этом участке не обнаруживается резко выраженного рельефа местности. Геологические и гидрогеологические данные наносят на профиле в виде колонок.

Построение трубопроводов производят также от условного горизонта. На профиле приводят данные о материале труб и оснований под них, показывают смотровые колодцы по концам расчетных участков и проектируемые насосные станции. Расчет начинают с диктующей точки. Данные расчета могут быть выписаны на профиле.

Отметку лотка трубы в диктующей точке определяют вычитанием минимальной глубины заложения трубопровода от отметки поверхности земли в этой точке. Отметку лотка трубы в конце расчетных участков Z_k вычисляют по формуле

$$Z_k = Z_n - h_{nom},$$

где Z_n — отметка лотка трубы в начале участка; h_{nom} - падение лотка, определяемое по формуле $h_{nom} = i \cdot l$, где l - длина расчетного участка сети с гидравлическим уклоном (уклоном лотка) i .

Отметки лотка трубы в начале второго и последующих участков определяют по формуле

$$Z'_n = Z'_k - \Delta d,$$

где Z'_n — отметка лотка трубы в конце предыдущего участка; Δd — разница в диаметрах труб рассчитываемого и предыдущего участков (при соединении труб «шелыга в шелыгу») или разница в наполнениях труб одинаковых диаметров также рассчитываемого и предыдущего участков (при соединении труб «по уровням воды»).

На рис. 2.13 представлен профиль коллектора №1 схемы водоотводящей сети, показанной на рис. 2.9.

Результаты вычислений гидравлических параметров расчетных участков сети и данные к построению продольного профиля сводятся в табл. 2.11.

При разработке рабочих чертежей продольный профиль строится в горизонтальном масштабе 1:500 или близком к этому соотношению.

На профиле указывают отметки планировки земли, род поверхности, место расположения трассы, углы поворотов, все смотровые колодцы и специальные проектируемые сооружения, а также все подземные сооружения, находящиеся в непосредственной близости от водоотводящего трубопровода. На рис. 2.16 показан рабочий чертеж продольного профиля коллектора.

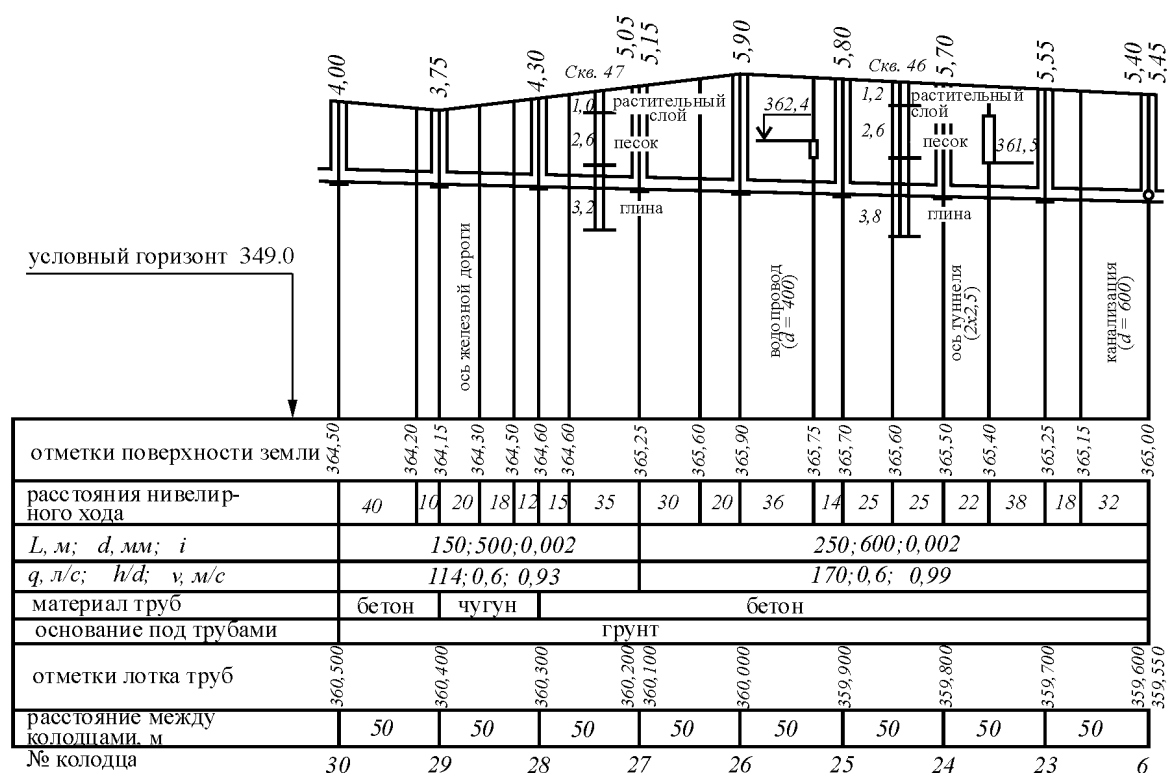


Рис. 2.16. Пример рабочего чертежа продольного профиля коллектора

Раздел 3. Трубопроводы и сооружения на водоотводящих сетях

Тема 5. Трубопроводы водоотводящих сетей

3.1. Требования, предъявляемые к трубам

Трубопроводы и каналы. В практике строительства водоотводящих сетей наиболее широко используются трубы круглого сечения, которые в большей степени удовлетворяют гидравлическим, технологическим, строительным и другим требованиям. На рис. 3.1. показаны различные формы поперечных сечений водоотводящих труб, коллекторов и каналов, подразделяющихся на круглые, сжатые и вытянутые.

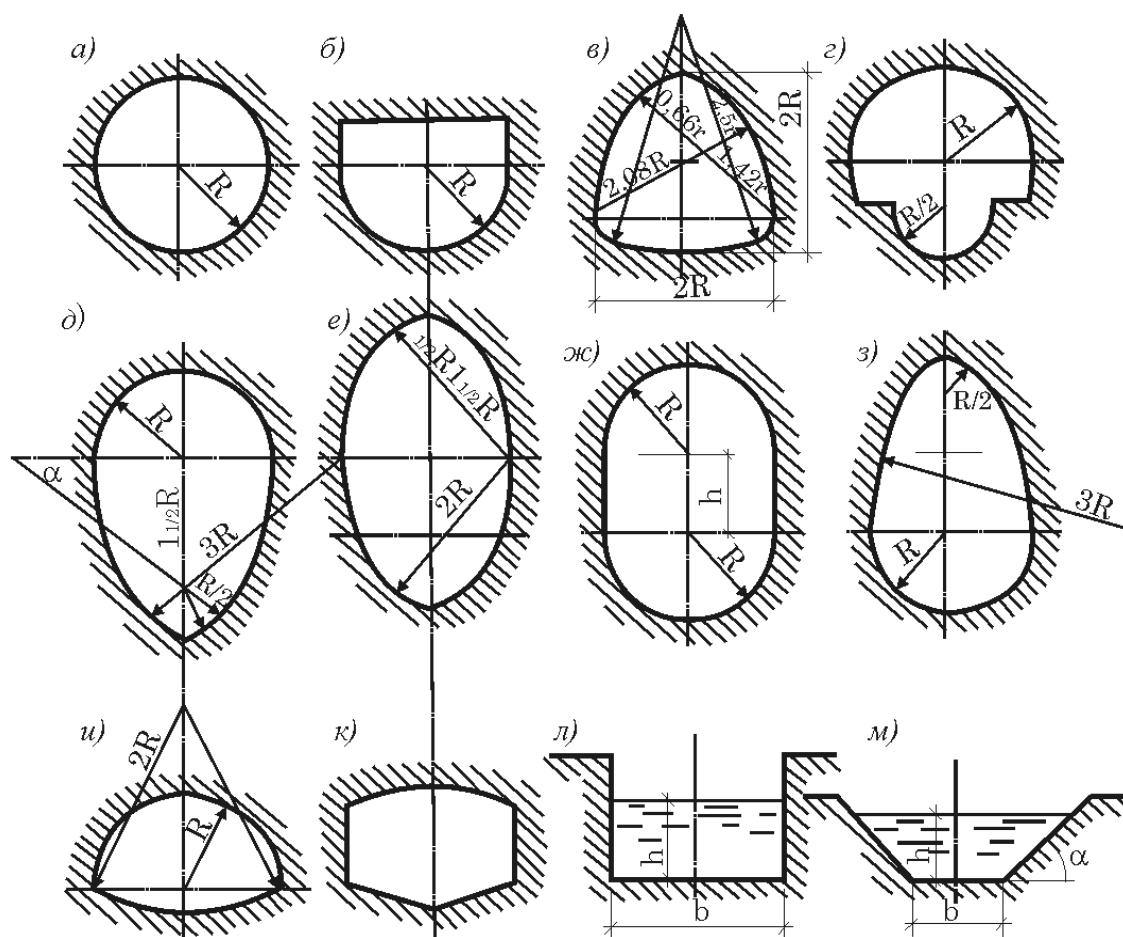


Рис. 3.1. Формы поперечного сечения водоотводящих труб, коллекторов и каналов:

а - круглое; б - полукруглое; в - шатровое; г - банкетное; д - яйцевидное (овоидальное); е - эллиптическое; ж - полукруглое с прямыми вставками; з - яйцевидное перевернутое; и - лотковое; к - пятиугольное; л - прямоугольное; м - трапецидальное

Круглый трубопровод имеет гидравлически наиболее выгодную форму, обладает большей пропускной способностью и удовлетворяет требованиям индустриализации строительства. Круглая форма сечения предпочтительна для осуществления прочисток от выпавшего осадка.

Сжатые формы сечений (рис. 3.1, б, и, к) обеспечивают меньшее их заглубление и применяются при незначительных колебаниях расходов сточных вод.

Коллекторы, имеющие вытянутые формы сечений (рис. 3.1, д, е, ж, з), целесообразно применять при больших колебаниях расходов, так как практически при любом наполнении обеспечивается оптимальное соотношение глубины и ширины водного потока.

Для отвода сточных вод со значительными колебаниями расходов применяются коллекторы, имеющие банкетное сечение (рис. 3.1, г).

При индустриализации строительства наибольшее преимущество имеют те трубы, которые можно выполнить с наименьшим числом элементов по периметру коллектора.

За пределами городов и населенных пунктов возможно применение незамкнутых сечений (без перекрытий) трапециевидальных и прямоугольных форм каналов (рис. 1.1, л, м). Они применяются для транспортирования сточных вод в пределах очистных станций — от сооружения к сооружению.

Соотношения их геометрических размеров часто диктуются планировочными и технологическими требованиями. При этом следует иметь в виду, что строительство трубопроводов гидравлически наивыгоднейших сечений более экономично.

Трапециевидальное сечение является гидравлически наивыгоднейшим при соотношении

$$b / h = 2(\sqrt{1 + m^2} - m),$$

где $m = \operatorname{ctg} \alpha$, а прямоугольное - при $b/h = 2$.

Гидравлическая характеристика поперечных сечений коллекторов определяется наибольшей их пропускной способностью при заданном уклоне и площади живого сечения потока.

При одной и той же величине гидравлического радиуса R скорости течения жидкости водоотводящей сети круглого сечения при полном и половинном наполнении считают равными; они достигают максимума при наполнении $h=0,813d$. Пропускная способность труб (или расход) достигает максимума при наполнении $h=0,95d$, а затем уменьшается. Причем расход при полном наполнении трубы в два раза больше, чем при половинном.

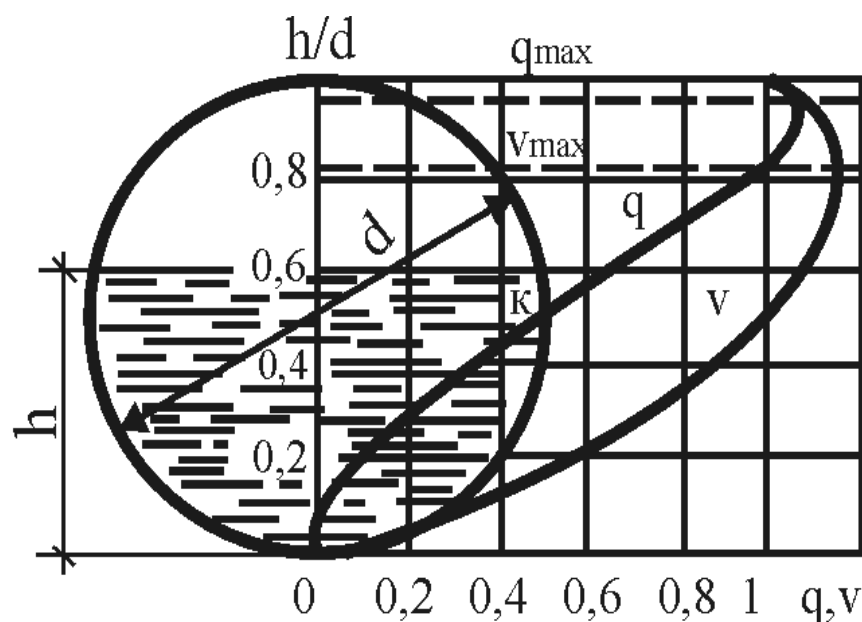


Рис. 3.2. Зависимость q и v от степени наполнения трубопровода h/d

На рис. 3.2 приведены кривые изменения скоростей v и расходов q в трубах круглого сечения в зависимости от степени наполнения. По оси ординат отложены степени наполнения h , а по оси абсцисс - соответствующие этим наполнениям скорости v и расходы q , выраженные в долях от скорости и расхода при полном наполнении. Наполнение $h < 0,5d$ не принимается, так как при этом существенно уменьшаются скорость потока и расход воды.

Для городских водоотводящих сетей в зависимости от диаметра трубопровода рекомендуется $h = 0,5d \dots 0,8d$. Для водостоков рекомендуется принимать $h = 0,95d \dots 1,0d$.

Трубы и трубопроводы Материалы, которые используются для изготовления труб, должны удовлетворять строительным, технологическим и экономическим требованиям. Строительные требования заключаются в обеспечении прочности и долговечности конструкций и возможности индустриализации строительства; технологические - в обеспечении водонепроницаемости и максимальной пропускной способности труб, а также исключении их истирания и коррозии; экономические - в обеспечении минимальной стоимости материалов и расходовании минимального количества дефицитных материалов. В конкретных условиях проектирования могут предъявляться и другие требования.

Изложенным требованиям удовлетворяют керамические, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, чугунные и пластмассовые трубы.

Трубы керамические канализационные для устройства безнапорных сетей выпускаются по ГОСТ 286-82 диаметром 150-300 мм. Они изготавливаются из пластичных спекающихся тугоплавких огнеупорных глин с добавлением шамота (обожженной глины в порошкообразном состоянии) путем обжигания при температуре 1250-1350°C. Покрытие их глазурью обеспечивает водонепроницаемость и гладкость (уменьшение шероховатости труб).

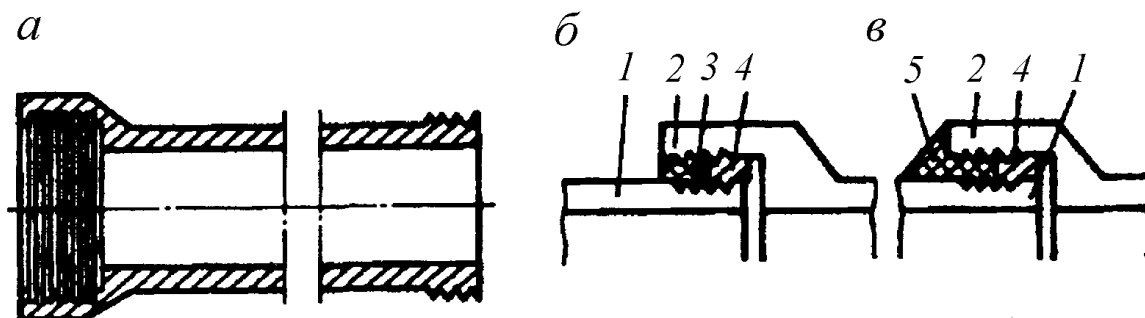


Рис. 3.3. Керамическая труба:

а - общий вид; *б* - стык с асфальтовым замком; *в* - стык с асбестоцементным замком; 1 - гладкий конец; 2 - раструб; 3 - асфальтовая мастика; 4 - смоляная прядь; 5 - асбестоцемент

Соединение керамических труб выполняется введением гладкого конца одной трубы в раструб другой с последующей заделкой стыка, состоящей из герметизирующей части (смоляной пряди) и замка (асфальтовая мастика, асбестоцементный или цементный раствор).

Железобетонные безнапорные трубы изготавливаются по ГОСТ 6482-88 диаметром 400-3500 мм. Они подразделяются на раструбные и фальцевые и могут быть круглые и круглые с плоской подошвой. В зависимости от прочности трубы бывают двух групп: 1) нормальной прочности и 2) повышенной прочности. Герметизация стыков осуществляется смоляной прядью, специальными полисульфидными герметиками 51-УТ-37А и КБ-1 (ГС-1) или резиновыми кольцами. Замок стыка выполняется из асбестоцементного или цементного раствора или асфальтовой мастики.

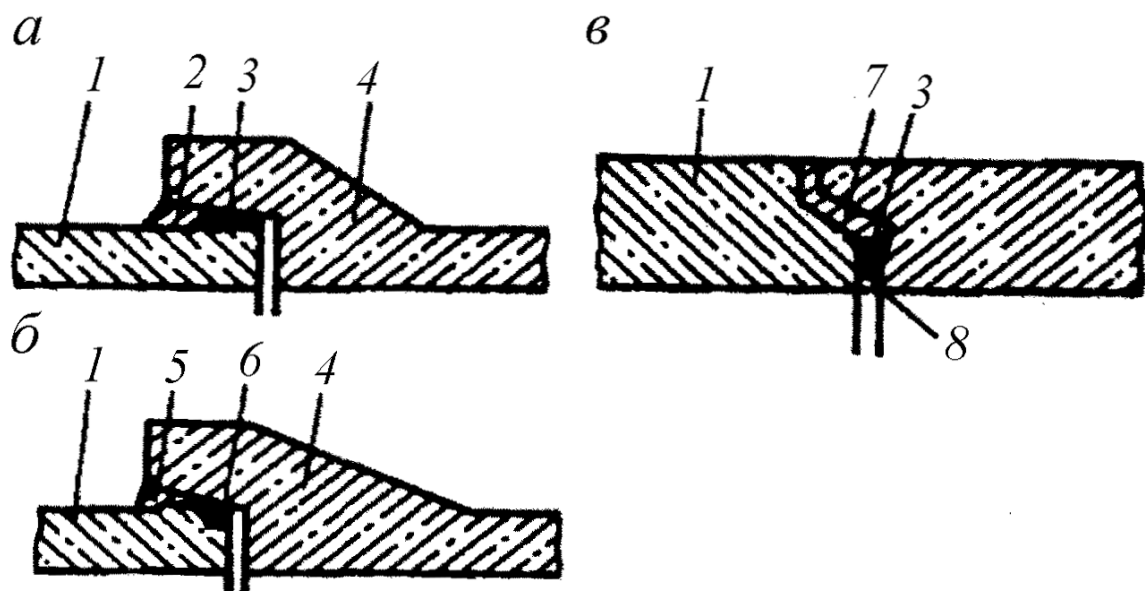


Рис. 3.4. Стыки бетонных и железобетонных труб:

а и б – раструбные; в - фальцевые; 1 - гладкий конец трубы; 2 - асбестоцемент; 3 - смоляная прядь; 4 - раструб; 5 - цементный раствор; 6 - резиновые кольца; 7 - цементный раствор или асфальтовая мастика; 8 - затирка цементным раствором

Асбестоцементные трубы (безнапорные) изготавливаются по ГОСТ 1839-80 диаметром 100-400 мм. Соединение их осуществляется с помощью муфт.

Чугунные напорные (ГОСТ 9583-75*) и безнапорные (ГОСТ 6942.3-80) трубы с раструбным соединением диаметром 50-400 мм достаточно широко используют для прокладки канализационных сетей. Также находят применение трубы стальные электросварные с внутренним цементно-песчаным покрытием по ТУ 14-154-23-90 и внешним противокоррозийным покрытием из полиэтилена «Антикорекс» по ТУ 400-24-559-88.

Пластмассовые трубы. Для производства пластмассовых труб наиболее широко используют следующие термопластики: поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен (ПЭ) и полипропилен (ПП). Трубы из поливинилхлорида относительно более дешевые по сравнению с трубами из полиэтилена и полипропилена. Все указанные трубы используют для транспортировки сточных вод с температурой до +45°C. Пластмассовые трубы выпускаются напорные и безнапорные, гладкие и гофрированные. Соединения пластмассовых труб осуществляются посредством муфт или раструбов с уплотнительными резиновыми кольцами (рис.6.3). Для напорных и самотечных трубопроводов большого диаметра применяют стекловолокнистый полистирол на основе термореактивных пластиков, лучше воспринимающих механические нагрузки.

Стальные трубы напорные бесшовные (ГОСТ 8732-78) наружным диаметром 152-465 мм, электросварные (ГОСТ 10706-76) наружным диаметром 530-1220 мм.



Рис. 3.5. Соединения пластмассовых труб различных видов

Трубопроводы больших диаметров (круглые, некруглые), которые часто называют коллекторами, выполняются из сборного железобетона. Конструкция их в основном зависит от способа производства работ, глубины заложения трубопровода, геологических и гидрогеологических условий строительства. На рис. 3.6 представлены варианты коллекторов, сооружаемых при закрытом (щитовом) способе.

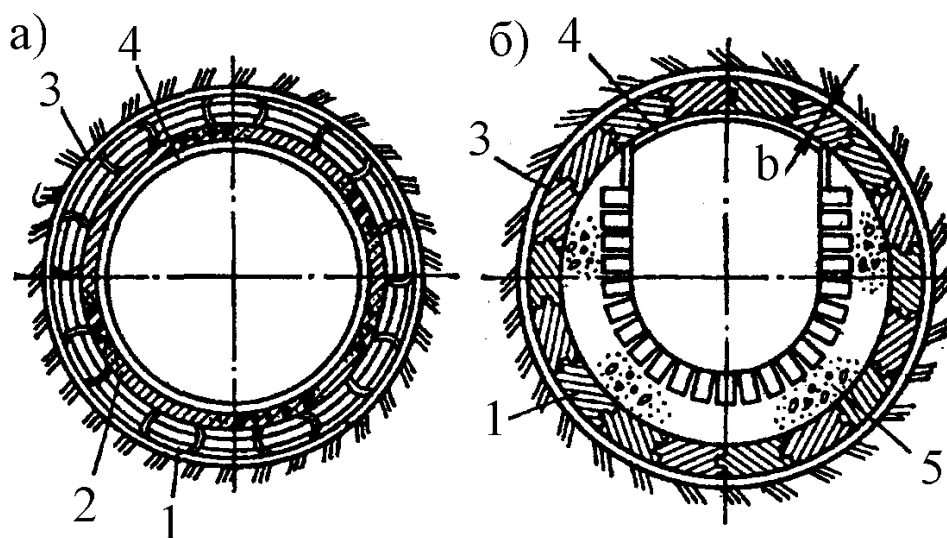


Рис. 3.5. Коллекторы, выполняемые при закрытом способе строительства:

а - круглой формы; б - полукруглой формы с облицовкой кирпичом; 1 - керамические или бетонные блоки; 2 - железобетонная рубашка; 3 - цементный раствор, нагнетаемый за блоки; 4 - штукатурка с железнением поверхности; 5 – бетон

О степени распространенности различных видов труб можно судить по данным г. Москвы, приведенным в табл. 6.1. Свыше 62% трубопроводов города имеют диаметр 150-250 мм, и поэтому в канализационных сетях в основном используют керамические, асбестоцементные и чугунные трубы. В последние годы стали шире использоваться пластмассовые трубы, особенно при реконструкции сетей.

Обеспечение целостности и устойчивости трубопроводов требует устройства под трубами оснований. Конструкция основания зависит от несущей способности грунта и его свойств, заложения и диаметра трубопровода и других факторов.

Таблица 3.1.

Протяженности канализационной сети г. Москвы на 2001 г.

Материал труб канализационных сетей	% от общей протяженности	км
Керамические	38,4	2504,8
Асбестоцементные	21,2	1380,8
Чугунные	18,1	1182,1
Железобетонные	15,9	1040,5

Пластмассовые	3,8	247,5
Стальные	1,5	96,8
Кирпичные	1,1	72,4

Трубопроводы в песчаных и глинистых грунтах с нормальным сопротивлением, равным или большим 0,15 МПа, могут укладываться на естественное основание. Однако под трубопроводы диаметром 350-600 мм основание следует профилировать по форме трубы с углом охвата 90°. При глубине засыпки (до верха трубы) 3,5 м и более - для трубопроводов диаметром 350 мм и 1,5 м и более - для трубопроводов диаметром 600 мм, засыпку на глубину 0,2 м над верхом трубы рекомендуется выполнять песчаным грунтом с уплотнением. В глинистых грунтах укладка труб должна производиться на песчаную подушку.

Если грунт основания имеет нормальное сопротивление 0,1-0,15 МПа, то керамические и асбесто-цементные трубопроводы следует укладывать на монолитное бетонное основание, спрофилированное по форме трубы с углом охвата 90° (рис. 6.5,б). Под железобетонные трубопроводы также требуется устройство оснований с учетом несущей способности грунтов и других факторов.

Основания специальных конструкций выполняются на слабых (торф, свалочные и илистые), водонасыщенных и скальных грунтах.

Защита бетонных и железобетонных труб, коллекторов и сооружений может осуществляться одним из следующих способов: применением специальных цементов, не подвергающихся коррозии, увеличением плотности и водонепроницаемости стенок труб и конструкций, покрытием бетонных поверхностей гидроизоляцией.

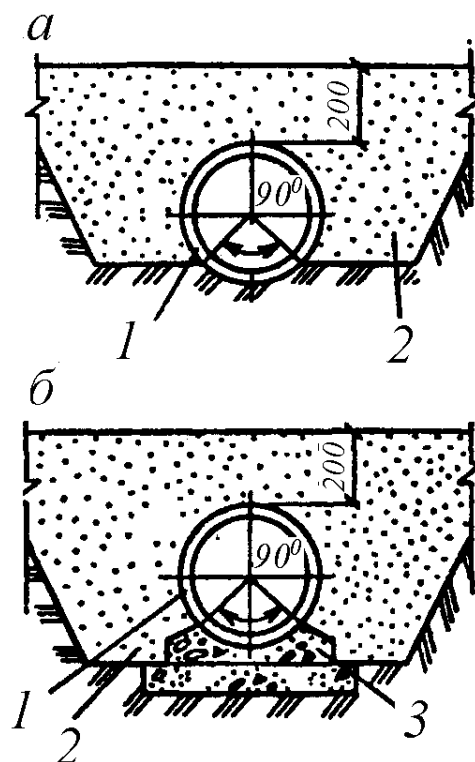


Рис. 3.6. Основания под трубы:
а - естественное профилирование; б - монолитное бетонное; 1 - труба; 2 - песчаный грунт; 3 - бетонный стул

Для изготовления бетонов рекомендуется применять пуццолановый, сульфатостойкий и другие цементы с гидравлическими добавками. Плотность бетонных стенок труб достигается за счет применения жестких бетонных смесей (с малым водоцементным отношением) и тщательного их уплотнения (трамбования, вибрирования, вакуумирования и центрифугирования).

Гидроизоляция труб и сооружений выполняется со стороны действия воды или газа. Гидроизоляция бетонных поверхностей подразделяется на жесткую (цементная штукатурка с железнением, торкрет-штукатурка, облицовка керамическими или пластмассовыми плитами и др.) и битумную. Битумная изоляция подразделяется на обмазочную, пластичную и оклеечную. Пластичная гидроизоляция выполняется из мастик, в состав которых входит 40% битума и 60% заполнителей (молотый мел, мелкий песок и др.). Оклеечная

гидроизоляция выполняется из рулонных материалов (рубероид, пергамин и др.), наклеиваемых с помощью битумов и мастик на изолируемые поверхности.

3.2. Колодцы и камеры

Колодцы и камеры (колодцы большого размера) на трубопроводах располагают в местах изменения диаметров и уклонов трубопроводов, изменения направления их в плане и устройства присоединений к ним боковых веток, а также на прямолинейных участках труб через 35-300 м (с увеличением диаметра труб расстояние между колодцами увеличивается).

С учетом места устройства смотровые колодцы подразделяются на поворотные, узловые и линейные. Они служат для обеспечения доступа к трубопроводам, осмотра и наблюдения за ними и выполнения эксплуатационных операций на водоотводящих сетях.

Смотровые колодцы состоят из следующих основных элементов: рабочей камеры, горловины и переходной части между ними, основания и люка с крышкой над горловиной (рис. 6.6). В плане колодцы могут быть круглые, прямоугольные и полигональные.

Важнейший элемент колодца — основание. Оно должно обеспечивать устойчивость сооружения. В его конструкцию входит бетонный набивной лоток, обеспечивающий транспорт воды через колодец (от трубы к трубе).

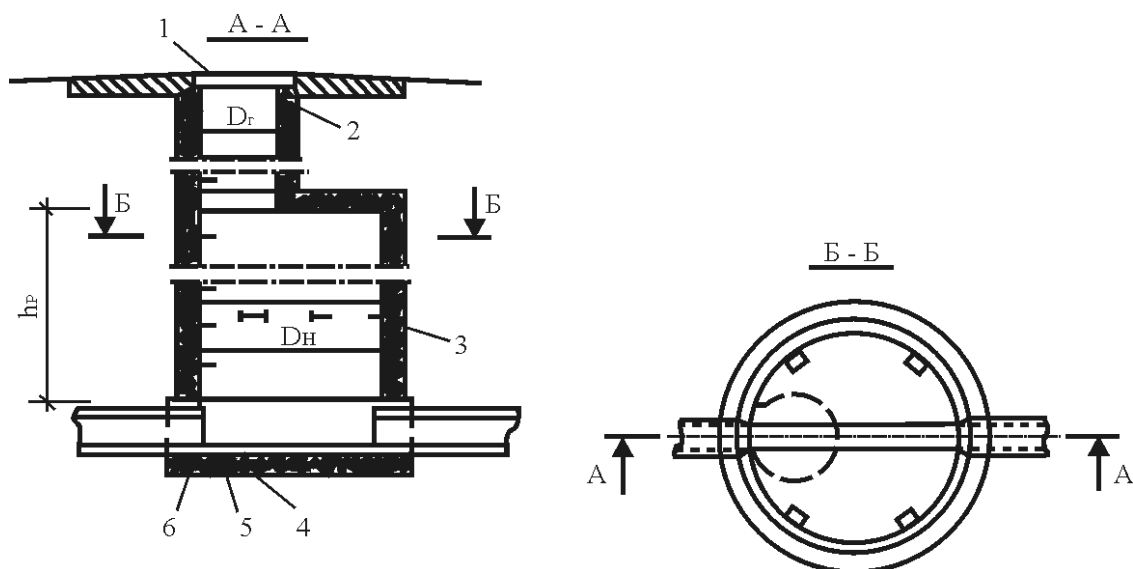


Рис. 3.7. Смотровой колодец:

1 - люк с крышкой; 2 - железобетонные кольца горловины; 3 - то же, камеры; 4 - бетон М 200 с затиркой; 5 - плита основания; 6 - песчаная подготовка

Лоток в нижней части имеет форму полукруга, а в верхней — вертикальные стенки (рис. 6.7). Общая высота лотка должна равняться диаметру труб. С двух сторон лотка создаются полки, имеющие ширину не менее 200 мм и уклон к лотку не менее 0,02. Лотки поворотных колодцев и боковых присоединений следует выполнять по дугам окружностей с радиусом не менее одного диаметра.

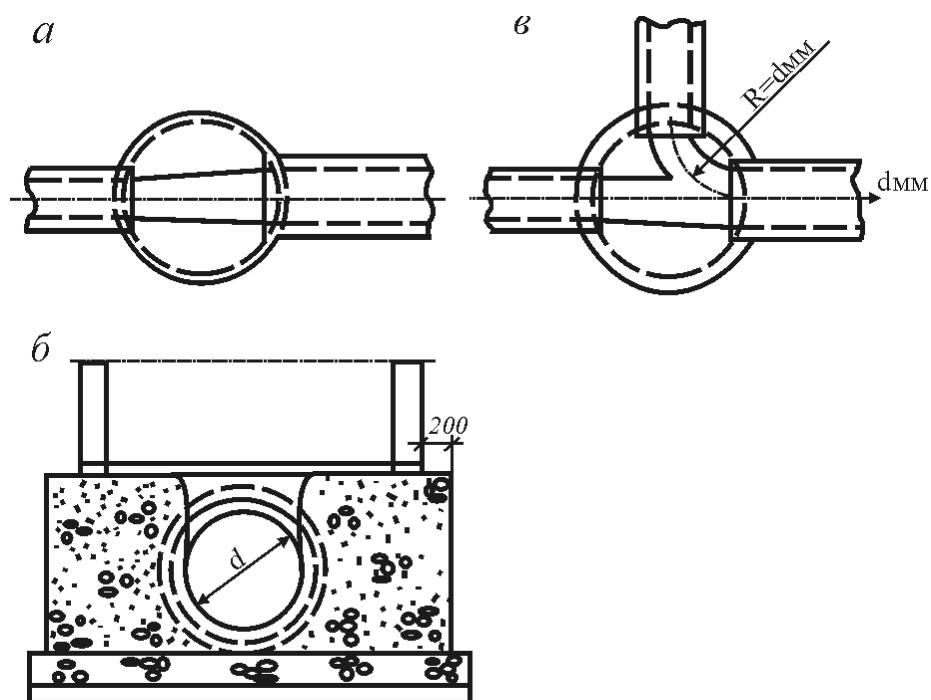


Рис. 3.8. Лотки смотровых колодцев:

а - план лотка колодца при увеличении диаметра трубопровода; б - план узлового колодца; в - сечение линейного лотка

Рабочая камера должна иметь следующие минимальные размеры: высоту — 1,8 м, диаметр — 1,0 м. Камеры узловых колодцев на трубопроводах больших диаметров целесообразно выполнять в плане полигональными с расположением стенок параллельно лоткам.

Минимальный диаметр горловины — 0,7 м. Рабочие камеры и горловины оборудуют скобами или лестницами для спуска в колодец и подъема из него. На уровне поверхности земли на горловины устанавливают люки с крышками, которые, как правило, выполняются чугунными.

На трубопроводах диаметром 1200 мм и более кривую поворота трубы следует принимать радиусом, равным не менее пяти диаметров трубы, и предусматривать колодцы в начале и конце кривой поворота.

На коллекторах, строительство которых осуществляют закрытым способом (щитовой метод), необходимо устраивать смотровые шахты или скважины диаметром не менее 0,9 м. Расстояние между ними не должно превышать 500 м.

Стенки рабочих камер и горловин смотровых колодцев могут выполняться из бетона или железобетона монолитными или сборными, а также из кирпича на цементном растворе. Бетонные лотки оснований обычно устраиваются монолитными из бетона марки 200 по специальным шаблонам — опалубкам с последующей затиркой цементным раствором и железнением.

Особое значение следует придавать заделке труб в лотковой части.

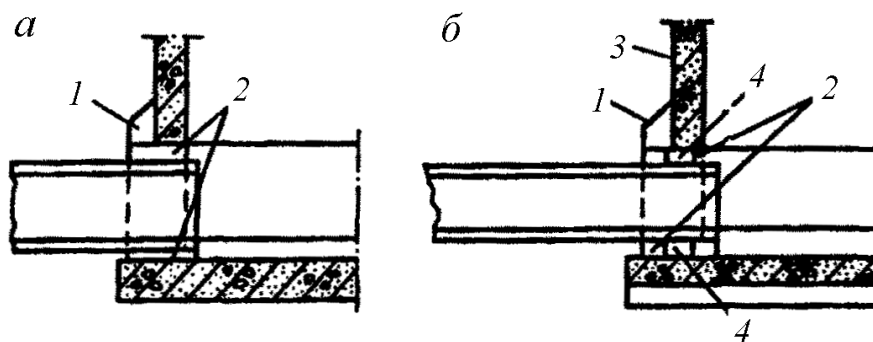


Рис. 3.9. Схемы заделки труб:

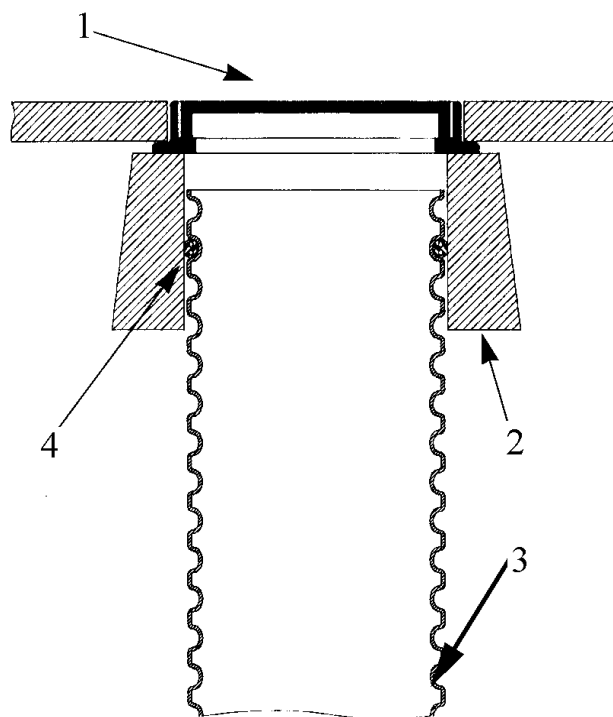
а и б - в непросадочных грунтах соответственно сухих и мокрых; 1 - цементный раствор; 2 - асбестоцементный раствор; 3 - гидроизоляция; 4 - смоляная прядь

На рисунке показаны примеры их конструктивного решения. При наличии грунтовых вод необходимо предусматривать гидроизоляцию дна и стенок колодцев на высоту, превышающую на 0,5 м уровень грунтовых вод. При этом можно применять обмазочную и оклеечную битумную гидроизоляцию.

Проектными институтами разработаны типовые проекты смотровых колодцев для различных геологических, гидрогеологических и климатических условий.

Особое значение имеет обеспечение долговечности верхней части колодцев (горловины и люков) в условиях чрезвычайно высокой интенсивности автомобильного движения в современных городах.

В зарубежной практике в последнее время широко применяют колодцы из гофрированных пластмассовых труб, способных деформироваться без разрушения под воздействием автотранспорта.



*Рис. 3.10. Колодец из гофрированных пластмассовых труб:
1 - люк; 2 – коническая бетонная горловина; 3 - гофрированная труба; 4 – резиновое кольцо*

В отечественной практике используют железобетонные унифицированные опорные плиты для канализационных, водопроводных и газопроводных колодцев (рис. 3.11).

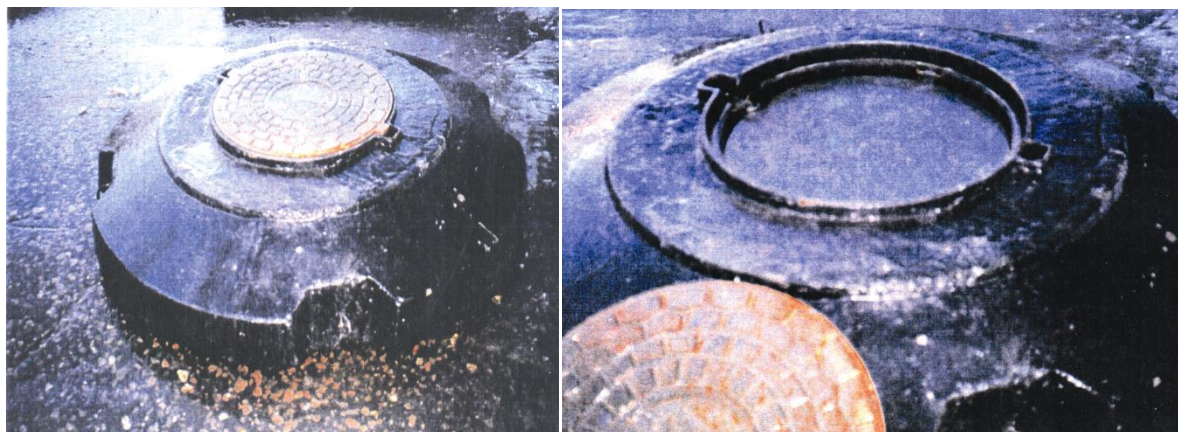


Рис. 3.11. Опорная железобетонная плита для горловин смотровых колодцев

Данная опорная плита изготовлена с использованием пластифицированных добавок, повышающих ударную прочность и морозостойкость бетона. Ее применение позволяет существенно повысить срок службы колодцев в

условиях интенсивного движения автотранспорта и частых солевых противогололедных обработок дорожного покрытия в зимний период.

Тема 6. Сооружения на водоотводящих сетях

3.3. Перепадные колодцы, дюкеры, разделительные камеры, и другие сооружения

ММЭ 2-3 Водоотводящие сети 3_11 «Сооружения на водоотводящих сетях Элементы системы. Конструкции водоотводящих сетей»

Перепадные колодцы Сопряжение труб, уложенных на различной глубине, осуществляется с помощью перепадных колодцев. Необходимость применения их возникает в следующих случаях:

при присоединении боковых веток к коллекторам или внутриквартальных сетей к уличным трубопроводам;

при пересечении трубопроводов с инженерными сооружениями и естественными препятствиями;

при устройстве затопленных выпусков воды в водоемы;

при больших уклонах поверхности земли для исключения превышения максимально допустимой скорости движения сточных вод.

По высоте перепадов перепадные колодцы подразделяют на перепадные колодцы малой (до 6 м) и большой высоты.

Перепадные колодцы всех конструкций могут быть подразделены на три типа:

- шахтного типа (с перепадами и без них);
- выполняемые по типу известных сопрягающих сооружений, применяемых в гидротехнической практике (быстротоки, водослив практического профиля и др.);

- колодцы, гашение энергии в которых основано на соударении струй воды со стенкой сооружения или специальной решеткой, а также на соударении струй воды, образующихся в результате разделения потока, в основании колодца.

Перепадной колодец шахтного типа малой высоты представляет собой камеру, форма которой аналогична форме смотрового колодца, к которой пристроена или встроена гладкая (без ступеней) шахта (стояк) круглого или прямоугольного сечения (рис. 3.12).

Наличие воды в приямке обеспечивает смягчение удара потока в основание. В целях повышения устойчивости сооружения основание усиливается стальной или чугунной плитой под стояком.

При устройстве стояка до 300 мм допускается установка направляющего колена в его нижней части.

Перепадной колодцы рекомендуется выполнять из монолитного или сборного железобетона. Скорость движения воды в стояках достигает больших значений, поэтому требуется высокая прочность исполнения основания, стенок и стояка колодцев.

Перепадной колодец шахтного типа с многоступенчатыми перепадами также имеет в своем составе шахту, но она перегородена ступенями, чередующимися по всей высоте в шахматном порядке.

Для повышения надежности сооружения целесообразно делать две шахты. Устройство водобойного колодца в основании не требуется. Соотношение геометрических размеров рекомендуется следующее:

$$z = (0,5 - 2)B \text{ или } z = (0,5 - 2)d \text{ (при круглом сечении шахты); } a = B/2.$$

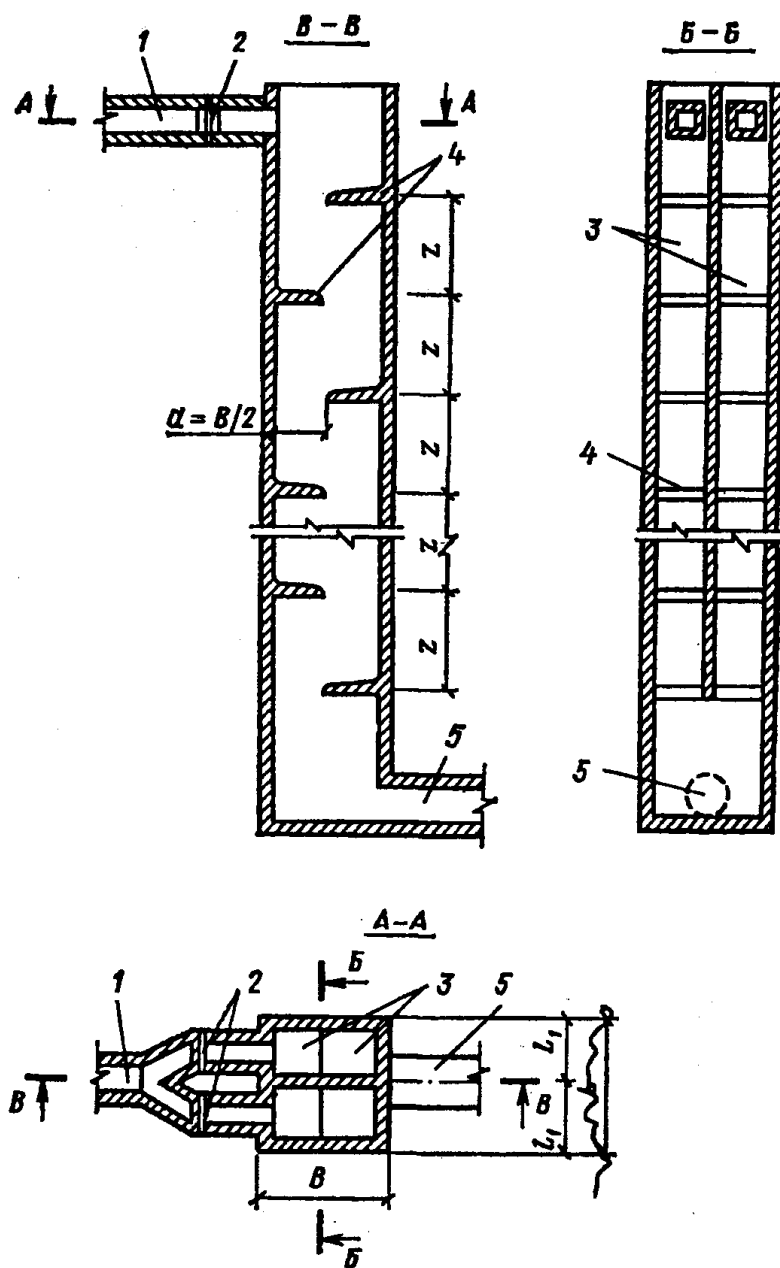


Рис. 3.13. Двухсекционный перепадной колодец шахтного типа с многоступенчатыми перепадами: 1 - подводящий коллектор; 2 - шиберы; 3 - секции перепадного колодца; 4 - ступени перепада; 5 - отводящий коллектор

Расчет перепадного колодца следует выполнять исходя из возможности пропуска всего расхода по одной шахте, но при условии предельной нагрузки ее (максимальном напоре, равном z). Размер отверстия между ступенями и стенками, площадь сечения которого равна $\omega = aB$, может быть определен по формуле истечения жидкости из отверстия

$$q = \mu \omega \sqrt{2gz},$$

где μ - коэффициент расхода, равный $\mu = \varphi\varepsilon$, здесь φ - коэффициент скорости, равный 0,89; ε - коэффициент сжатия струи, определяемый по формуле А.Д.Альтшуля:

$$\varepsilon = 0,57 + 0,043 / (1,1 - \Pi),$$

где $\Pi = a / B$ – степень сжатия струи.

Разделительные камеры устраиваются при полной раздельной и полураздельной системах водоотведения. Места расположения и назначения их различны.

При полной раздельной системе разделительные камеры устраиваются:

- на дождевой сети в отдельных местах отводного коллектора или перед очистными сооружениями для сброса части дождевых вод при интенсивных дождях в водоем;
- на сооружениях для самостоятельной очистки дождевых сточных вод при необходимости разной степени их очистки.

При полураздельной системе водоотведения разделительные камеры устраиваются:

- на дождевой сети перед присоединениями ее к общесплавным коллекторам для сброса части дождевых вод при интенсивных дождях в водоем;
- перед очистными сооружениями для временного сброса части бытовых, производственных и дождевых сточных вод (при больших расходах последних) в регулирующие резервуары для последующей подачи на очистные сооружения.

Принципы работы и конструкции ливнеспусков и разделительных камер аналогичны (в последующем под термином ливнеспуск будут подразумеваться ливнеспуск и разделительная камера).

Основные требования, предъявляемые к ливнеспускам, заключаются в следующем:

1) отвод без сброса наиболее загрязненной части поступающих к ливнеспуску сточных вод;

2) малая засоряемость сбросных и водоотводящих устройств.

Наиболее распространены разделительные камеры с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом, они состоят из лотка, одна сторона которого является водосливом.

Целесообразно гребень водослива выполнять металлическим и подвижным в вертикальных направляющих. Это позволит изменять высоту гребня водослива при наладке работы сооружений.

Разделительная камера с боковыми прямолинейными водосливами с двухсторонним сбросом состоит из лотка, обе стороны которого являются водосливами.

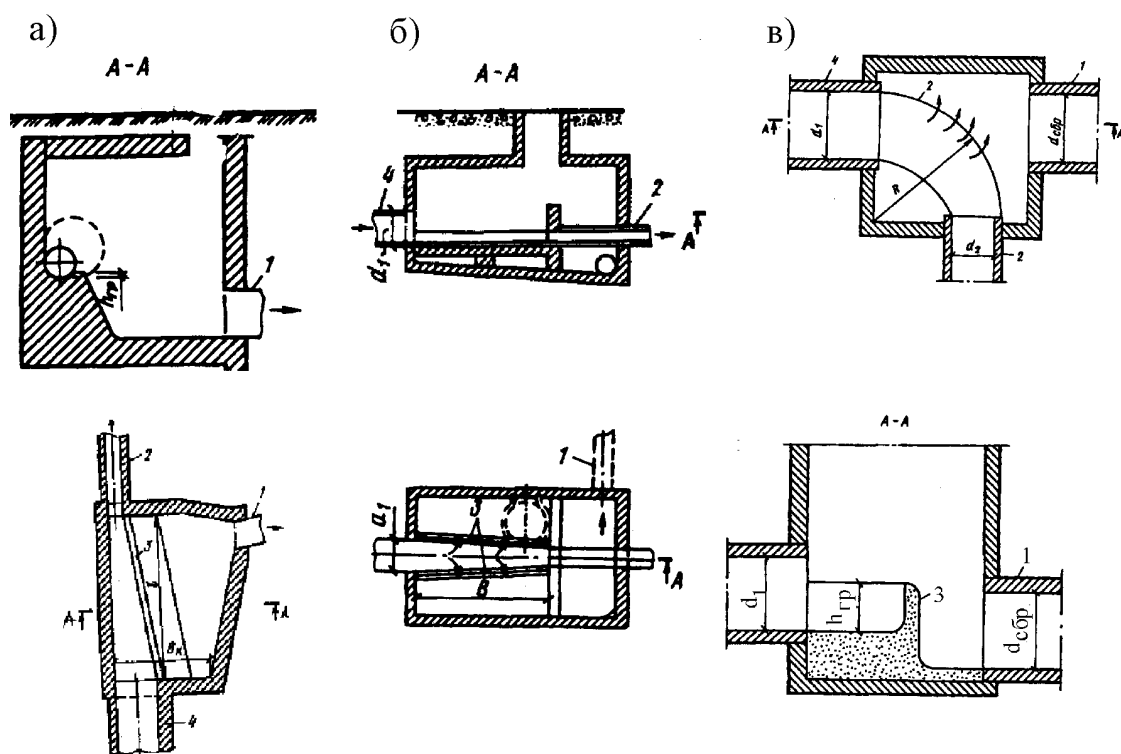


Рис. 3.14. Разделительная камера:

а - с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом; б - с боковыми прямолинейными водосливами с двухсторонним сбросом; в - с боковым криволинейным водосливом; 1 - ливнеотвод; 2 - отводящий трубопровод; 3 - гребень водослива; 4 - подводящий трубопровод

На рис. 3.14 показана разделительная камера с боковым криволинейным водосливом (центральный угол $\alpha = 90^\circ$), она состоит из криволинейного лотка,

внешняя сторона которого является водосливом. Для предотвращения сброса в водоемы плавающих загрязнений в некоторых конструкциях ливнеспусков и разделительных камер применяются специальные полупогружные щиты.

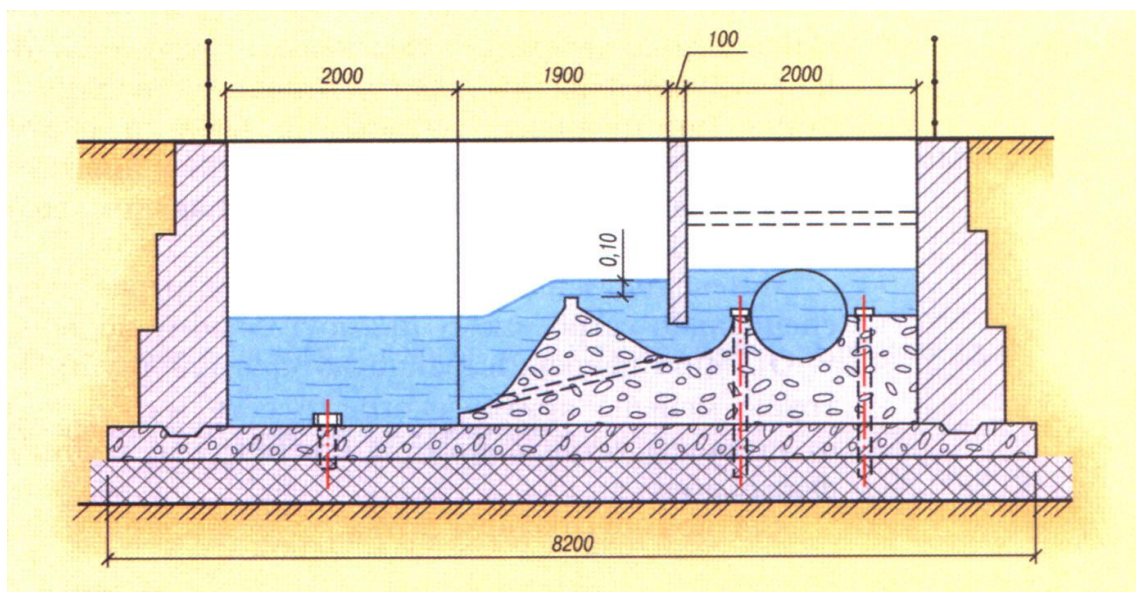


Рис. 3.15. Конструкция ливнеспуска с боковым водосливом и полупогружным щитом.

Ливнеотвод (сбросной трубопровод) следует проектировать на полное заполнение с некоторым запасом. Шельга ливнеотвода (сбросного трубопровода) и гребень водослива должны находиться на одной отметке.

3.4. Пересечения водоотводящих сетей с различными подземными и наземными сооружениями и препятствиями

Достаточно часто при трассировании трубопроводов самотечной водоотводящей сети на их пути оказываются препятствия естественного или искусственного происхождения. К естественным препятствиям относят ручьи, реки, овраги, суходолы и т.п.; к искусственным препятствиям – автомобильные и железные дороги, подземные коллекторы, трубопроводы, кабели, пешеходные переходы, линии метрополитена и др. сооружения. Для преодоления препятствий проектируются и строятся специальные инженерные сооружения: дюкеры, эстакады, футляры, сифонные переходы и др.

Конструкция пересечения зависит от взаимного высотного расположения (разности отметок) трубопровода и препятствия.

Дюкер. Если трубопровод непосредственно пересекается с препятствием, т.е. трубопровод и препятствие расположены на одной и той же отметке или разность их незначительна, то пересечение может быть выполнено в виде дюкера - напорного трубопровода, соединяющего два самотечных трубопровода. На рис. 3.16 показана схема дюкера через реку.

Дюкер состоит из следующих основных элементов: напорных трубопроводов, верхней и нижней камер. Напорные трубопроводы дюкера выполняются не менее чем из двух ниток стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией. Диаметр их должен быть не менее 150 мм.

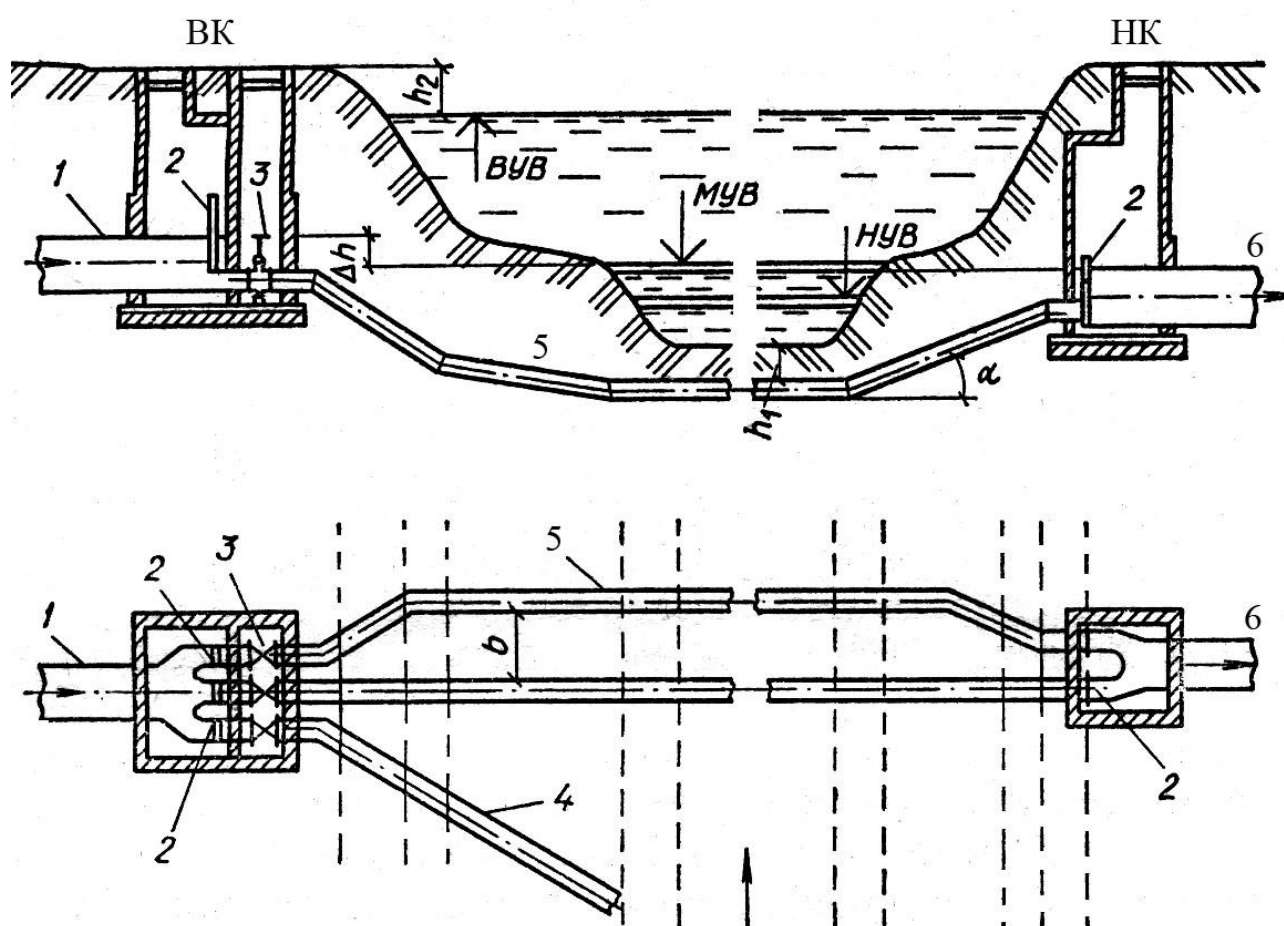


Рис. 3.16. Схема дюкера через реку:

ВК - верхняя камера; НК - нижняя камера; ВУВ - высокий уровень воды, МУВ - меженный уровень воды; НУВ - низкий уровень воды; 1 - подводящий самотечный трубопровод; 2 - щитовые затворы; 3 - задвижки; 4 - аварийный выпуск (промывной трубопровод); 5 - напорные линии дюкера; 6 - отводящий самотечный трубопровод.

Обе нитки должны быть рабочими. Лишь при небольших расходах допускается устройство дюкера с одной рабочей и одной резервной трубой.

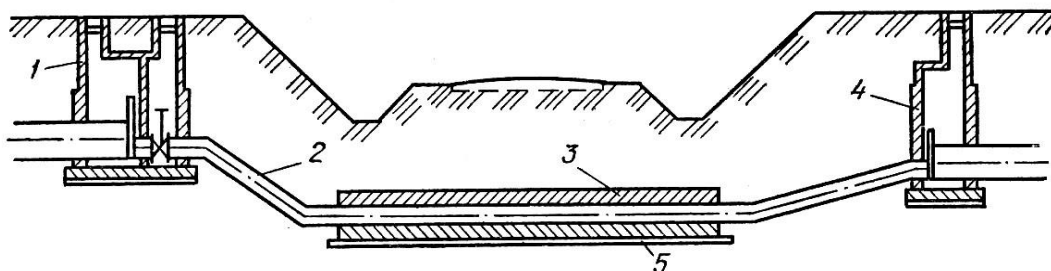


Рис. 3.17. Схема дюкера при пересечении с автомобильной дорогой в выемке:
1- верхняя камера; 2- трубопроводы; 3- железобетонный стул; 4- нижняя камера; 5- основание под стул.

Дюкер укладывается в траншее по дну русла. Угол наклона восходящей части дюкера должен быть не более 20° . Глубина заложения подводной части трубопровода должна приниматься не менее $A = 0,5$ м до верха трубы, а в пределах фарватера на судоходных реках не менее $h = 1$ м. Расстояние между трубами дюкера в свету должно быть не менее $b = 0,7-1,5$ м (в зависимости от напора и других особенностей устройства дюкера). Аварийный выпуск может быть проложен из верхней камеры дюкера или из ближайшего колодца перед ним. Его устройство должно быть согласовано со всеми органами, осуществляющими контроль за охраной и использованием водоема.

В период паводков при высоком уровне вод в реке аварийный выпуск может использоваться для промывки дюкера. Промывка осуществляется следующим образом: при открытой задвижке на аварийном выпуске вода из водоема в результате разности отметок воды в нем и в отводящем самотечном трубопроводе устремляется через аварийный выпуск в напорные трубопроводы, двигаясь там с большой скоростью, интенсивно промывает их.

Верхняя камера дюкера состоит из двух отделений: первого — мокрого и второго — сухого. Эти отделения разделяются между собой водонепроницаемой перегородкой. В пределах первого отделения самотечный трубопровод переходит в открытые лотки. Первое отделение может

подтопляться водой при повышенных расходах сточных вод, при снижении пропускной способности дюкера или при его промывке. Этим и объясняется название отделения — мокрое.

В окончании лотков перед трубами дюкера устанавливаются плоские затворы — шиберы. В сухом отделении размещаются напорные трубы дюкера с задвижками. При установке двух отключающих устройств в верхней камере повышается надежность регулирования работы дюкера в случае выхода из строя одной из ниток трубопровода.

Каждое отделение верхней камеры должно иметь горловину и оканчиваться (оборудоваться) люком с крышкой. Превышение люка камер над высоким уровнем вод в водоеме должно быть не менее $h_2 = 0,5$ м.

Нижняя камера дюкера устраивается в виде одного отделения, где напорные трубопроводы переходят в открытые лотки, в начале которых должны устанавливаться щитовые затворы.

Камеры дюкера размещают на незатопляемой даже при высоком уровне воды в водоеме территории. Дюкеры должны располагаться в местах с устойчивым, неразмываемым руслом, на участках с минимальной шириной реки. Трубопроводы дюкера прокладывают перпендикулярно руслу реки для обеспечения минимальной длины труб. При большой протяженности дюкера на трубах следует устанавливать колодцы или камеры с ревизиями, а в пониженных местах — выпуски для опорожнения дюкера (обычно при широкой затопляемой пойме реки).

Все линии дюкера принимают рабочими и рассчитывают на пропуск расхода

$$q_1 = q_p / n,$$

где q — расчетный расход через дюкер; n — число рабочих линий.

Диаметр труб определяют, исходя из условия обеспечения самоочищающих скоростей $v > 1,0$ м/с, по формуле

$$d = \sqrt{4q_1 / \pi v}.$$

Вода в трубах дюкера движется с заданной скоростью в результате наличия перепада уровней воды Δh в верхней и нижней камерах, который принимается равным потерям напора в дюкере и вычисляется по формуле

$$\Delta h = h_l + h_m = il + \sum \xi_i (v_p^2 / 2g),$$

где $h_l = il$ - потери напора по длине трубы; h_m - потери напора в местных сопротивлениях; i - гидравлический уклон (потери напора на единицу длины трубы); l - длина трубопроводов дюкера; v_p - скорость движения воды в трубах при расчетных условиях; g - ускорение свободного падения.

Сумма коэффициентов равна

$$\sum \xi_i = \xi_{вх} + \xi_{задв} + m\xi_{отв} + \xi_{вых},$$

где $\xi_{вх}, \xi_{задв}, \xi_{отв}, \xi_{вых}$ - коэффициенты местных сопротивлений соответственно на входе, в задвижке, в отводах и на выходе; m - число отводов.

Дюкер является коротким трубопроводом, в котором потери напора в местных сопротивлениях соизмеримы с потерями напора по длине труб, поэтому при определении потерь напора учитывают и местные сопротивления.

В случае выхода одной нитки трубопровода дюкера из строя, оставшаяся должна обеспечить пропуск всего расчетного расхода с учетом допустимого подпора. При подпоре будет происходить подтопление верхней камеры дюкера и лежащих выше участков подводящих самотечных трубопроводов. Очевидно, что при подтоплении не должно происходить разлива сточной жидкости из камеры дюкера и смотровых колодцев. Подтопление трубопроводов не должно приводить к перебоям в пользовании системой водоотведения и вызывать затопления подвалов и других частей зданий и сооружений. Следует иметь в виду, что даже допустимый подпор может отрицательно сказаться на работе водоотводящей сети. При подпоре трубопроводы будут работать под напором и полным сечением, снизятся скорости движения воды в них, а это, в свою очередь, приведет к отложению осадка. Поэтому подпор не должен вызывать подтопления трубопроводов большой протяженности. Подтопление не должно быть длительным. Величина допустимого подтопления подводящего

коллектора определяется на основе анализа работы лежащих выше участков сети.

Имеется опыт прокладки дюкеров из пластмассовых труб. Для этих целей обычно применяют полиэтиленовые трубы. При прокладке подводных линий используется большая гибкость труб из полиэтилена, возможность их сварки в плети большой длины. Принцип прокладки подводных трубопроводов состоит в том, что один его конец герметизируется заглушкой, а трубопровод, наполненный воздухом, плавает на поверхности воды. У берега на трубопроводе закрепляются анкерные грузы и, пригруженный таким образом трубопровод буксируется к месту его запланированной укладки, после чего он заполняется водой.

Перед погружением трубопровода его трасса должна быть размечена посредством буйев. Полиэтиленовые трубы сваривают в плети длиной 250-1000 м, соединяемые затем при помощи фланцев. Погружаемая часть может состоять из одной или нескольких соединенных плетей. Операция погружения начинается путем открытия клапана на одном конце трубопровода и впуска в него воды. Вентильным устройством на другом конце трубопровода регулируют выход из него воздуха. Регулируя выход воздуха из трубопровода, контролируют скорость его погружения (обычно 0,2-0,6 м/с). В процессе всей операции погружения проверяют соответствие положения трубопровода заданной трассе.



Рис. 3.18. Укладка стального дюкера на дно реки.

Полиэтиленовый трубопровод достаточно гибкий, и обычно он принимает форму профиля дна, поэтому подготовку дна практически не производят.

При проектировании подводных трубопроводов следует учитывать профиль дна водоема; характерные уровни воды; максимальную толщину льда; силу воздействия волн и течений, а также предусмотреть возможность повреждения трубопровода якорными устройствами и др.

Чтобы предотвратить осаждение взвешенных веществ и образование газов в подводных напорных канализационных трубопроводах (что может привести к всплытию трубопровода), скорость воды в них должна поддерживаться достаточно высокой (не менее 1,0 м/с).

Дюкеры могут устраиваться и при пересечении самотечного трубопровода с автомобильными и железными дорогами, если они проходят в выемках. В этом случае трубопроводы прокладывают в футлярах (металлических или железобетонных) или осуществляется их бетонирование. В остальном дюкеры

под железными и автомобильными дорогами проектируются аналогично проектированию дюкеров через реки.

Если трубопровод располагается значительно выше препятствия (при пересечении оврагов, суходолов), то пересечение выполняется в виде самотечного трубопровода, уложенного по эстакаде или существующему мосту в утепленном коробе.

Футляры, кожухи и туннели. Если трубопроводы располагаются ниже препятствия, то пересечение выполняется в виде самотечного трубопровода из усиленных стальных или железобетонных труб, уложенных в футляре, непроходных или проходных туннелях. Глубина заложения трубы, футляра или туннеля должна быть не менее 1 м - при открытом способе производства работ и не менее 1,5 м - при закрытом. Длину футляра определяют, исходя из размеров препятствия. Поперечные размеры футляра и туннеля зависят от способов производства работ и размеров трубопровода.

Кожухи и туннели предназначены для предохранения рабочего трубопровода от нагрузок, возникающих при движении транспорта над ним. Одновременно кожух предохраняет дорогу от разрушения в случае аварии трубопровода. Футляры должны устраиваться с противокоррозионной изоляцией (торкрет-бетонное армированное, битумно-резиновые, полимерные покрытия) и защитой от электрохимической коррозии (катодная поляризация с протекторными установками). Пространство между стенками футляра и трубопровода надлежит заполнять бетоном. Перед и после пересечения желательно устройство смотровых колодцев с отключающими устройствами.

Футляры при бестраншейной проходке прокладывают прокалыванием, продавливанием или методом горизонтального бурения. Самотечные коллекторы большого поперечного сечения прокладывают под препятствием в туннелях, которые сооружают способом щитовой или штольной проходки.

Пересечение с железными дорогами и с автомобильными дорогами с высокой интенсивностью движения, если трубопровод находится ниже

препятствия, то пересечение выполняется в виде самотечного трубопровода из усиленных труб в футляре (рис. 3.19, 3.20). Футляр обеспечивает необходимое увеличение прочности и кольцевой жесткости трубопровода, снижает негативное вибрационное воздействие на трубопровод от проходящего автомобильного транспорта и железнодорожных составов.

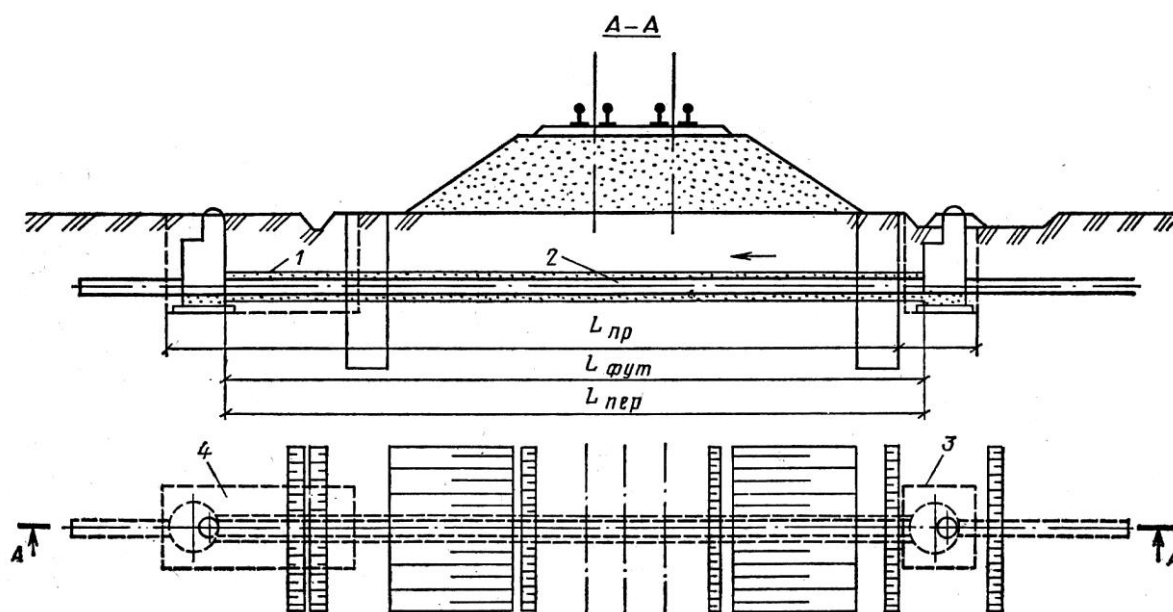


Рис. 3.19. Схема футляра под железной дорогой:
1- футляр; 2- самотечный трубопровод; 3 и 4 – контуры котлованов для строительства.

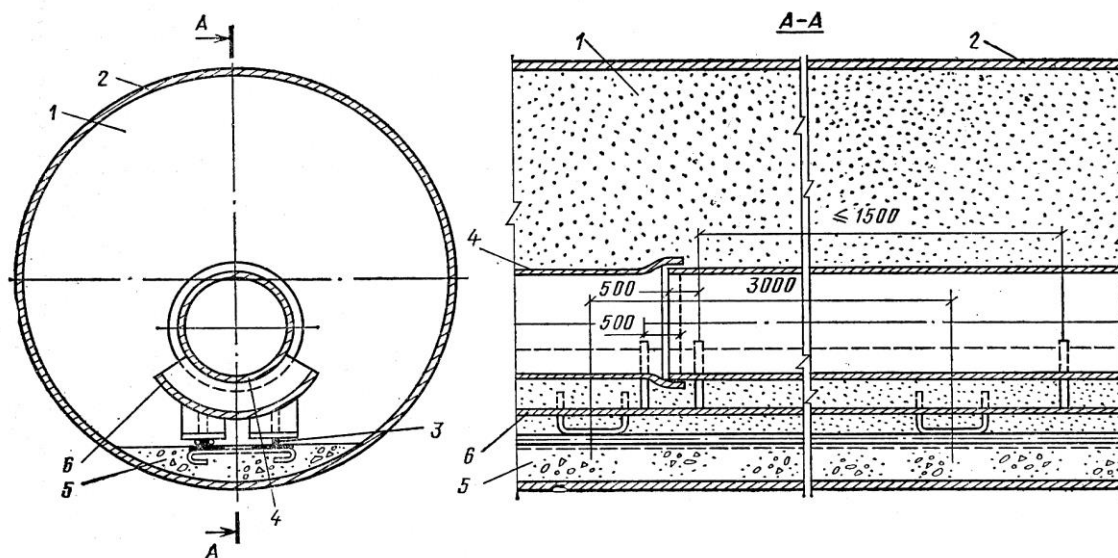


Рис. 3.20. Конструкция футляра для прокладки чугунных, асбестоцементных или железобетонных труб:

1- цементный раствор; 2- футляр; 3- направляющие; 4- рабочая труба; 5- набетонка (бетон М150); 6- стальное кольцо.

Сифоны и сифонные переходы. Применяются в качестве временного сооружения для пересечения с препятствием, как правило, на строительных площадках. Также сифонные переходы применяются при проведении ремонтных работ или реконструкции крупных дюкерных переходов. Высота сифона не может быть более 7 м.

Вакуумная станция обеспечивает откачивание воздуха из трубопровода сифона через вакуумную камеру при его заполнении, а затем в автоматическом режиме производит откачивание воздуха выделяющегося из сточной воды при работе сифона.

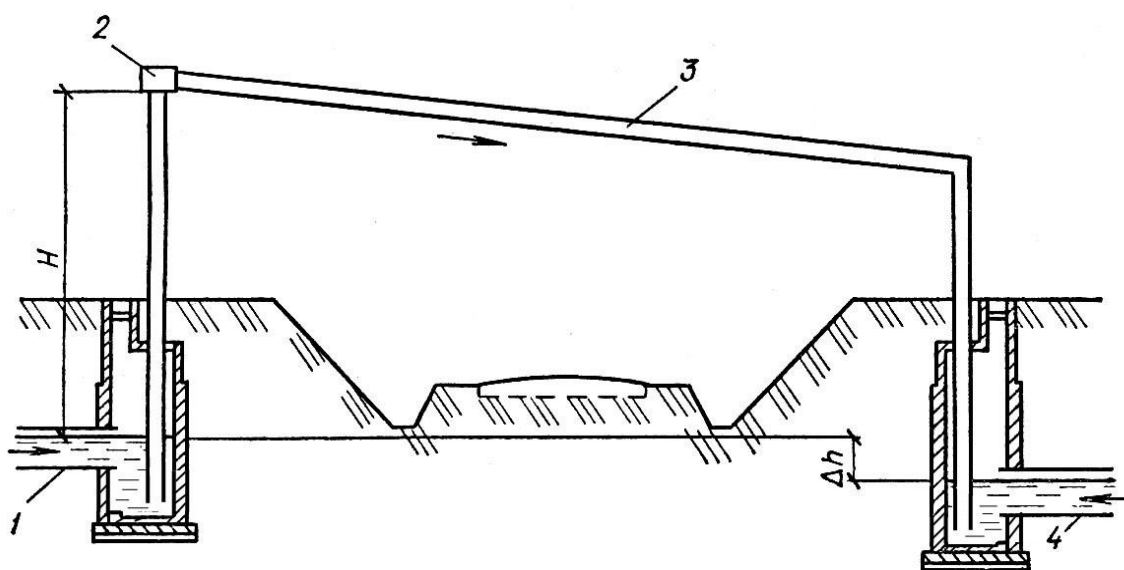


Рис. 3.21. Схема сифонного перехода:

1- подводящий трубопровод; 2- вакуумная камера; 3- труба сифона; 4- отводящий трубопровод.

Выпуски сточных вод. Очищенные сточные воды при искусственной очистке отводят по каналу к месту спуска их в водоем. Также в ряде случаев предусматриваются аварийные выпуски неочищенных сточных вод от канализационных насосных станций, коллекторов и др.

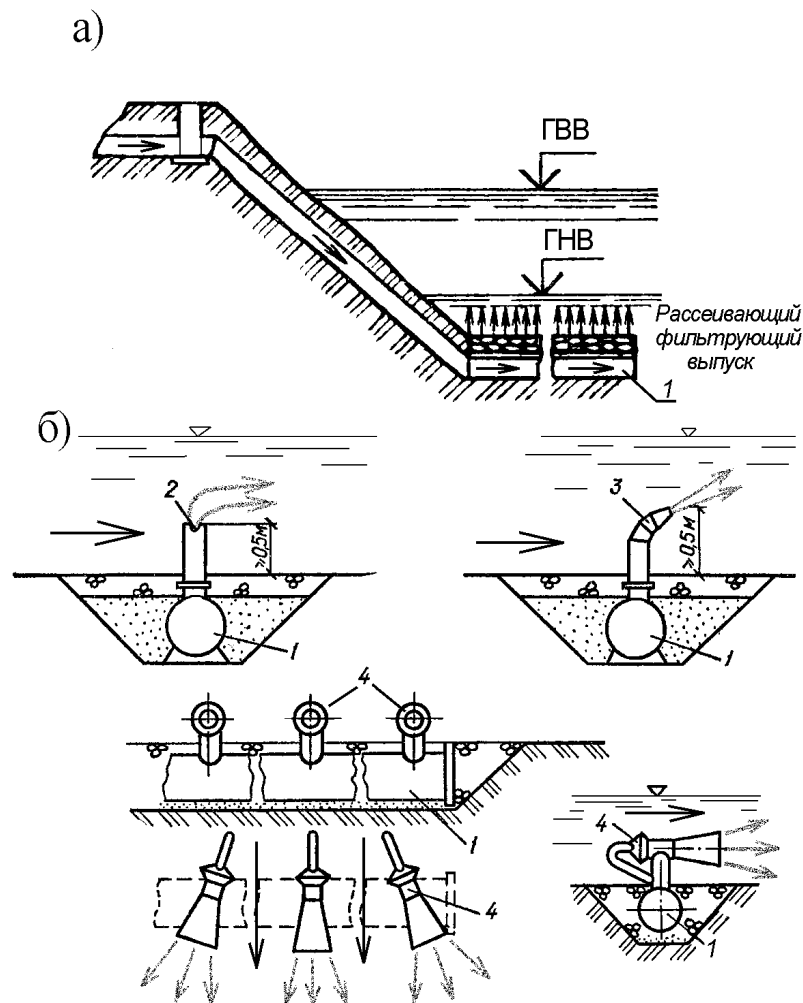


Рис. 3.22. Рассеивающий русловой выпуск сточных вод в реку:
 а – общая схема; б – виды рассеивающих оголовков: 1- распределительный трубопровод; 2- конусный рассекатель; 3- насадка-конфузор; 4- эжектор

Отводной канал обычно заканчивается береговым колодцем, из которого сточные воды через выпуск сбрасываются в водоем. Чем благоприятнее условия для перемешивания спускаемых сточных вод с водами водоема, чем лучше используется самоочищающая способность водоема, тем более загрязненные сточные воды могут быть сброшены в него.

Выпуски сточных вод классифицируются по типу водоема (речные, озерные и морские), по месту расположения (береговые, русловые и глубинные) и по конструкции (сосредоточенные и рассеивающие).

Береговые сосредоточенные выпуски проектируются в виде открытых каналов, быстотоков, консольных сбросов, оголовков. При этом происходит весьма незначительное разбавление сбрасываемых сточных вод с водой водоема, поэтому использование самоочищающей способности водоемов очень низко. Такие выпуски применяют для сброса дождевых или малозагрязненных сточных вод. Чаще устраивают русловые рассеивающие выпуски, обеспечивающие наилучшее смешение сточных вод с речной водой. Глубинные выпуски применяют при сбросе сточных вод в озера, водохранилища, моря.

РАЗДЕЛ 4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ. ПЕРЕКАЧКА СТОЧНЫХ ВОД. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ДЛЯ ОТВОДА АТМОСФЕРНЫХ СТОКОВ

Тема 7. Конструирование водоотводящих сетей

4.1. Конструирование водоотводящих сетей

В проблеме охраны воды от загрязнения есть две взаимосвязанные основные составляющие — экологическая и экономическая.

Под конструированием водоотводящей сети понимают строгое выполнение определенных инженерных решений, обеспечивающих безаварийную надежную работу всех ее сооружений в любой момент времени. Основное требование — обеспечение в водоотводящей сети благоприятных гидравлических условий движения потока сточных вод, исключающих заиливание трубопроводов. Это требование заключается в обеспечении самоочищающих скоростей на всех интервалах водоотводящей сети и во всех сооружениях. Между колодцами трубопроводы прокладывают строго прямолинейно. Точность укладки труб по заданной отметке составляет ± 3 мм. В местах изменения направления трубопровода в плане, изменения его уклона, присоединения к нему боковых веток, а также на прямолинейных участках сети через 35...250 м в зависимости от диаметра трубопровода следует устраивать смотровые колодцы.

Таблица 4.1.

Максимальные расстояние между линейными смотровыми колодцами

Диаметр трубопровода, мм	Расстояние между колодцами, м
150	35
200...450	50
500...600	75
700...900	100
1000...1400	150
1500...2000	200
> 2000	250...3000

Соединения самотечных трубопроводов в колодцах выполняют в виде открытых лотков полукруглой формы. На поворотах лотки в пределах колодца выполняют по кривым с радиусом не менее диаметра трубы. На крупных коллекторах с диаметром от 1200 мм радиус кривой поворота принимают не менее пяти диаметров и предусматривают смотровые колодцы в начале и конце кривой. Угол поворота кривой потока в трубопроводах или при соединениях боковых веток не должен превышать 90° . Если по первоначальной схеме это условие не обеспечивается (см. рис. 4.1.), то один поворот на угол α_n , заменяется на два по углам α_1 и α_2 путем устройства дополнительной ветки.

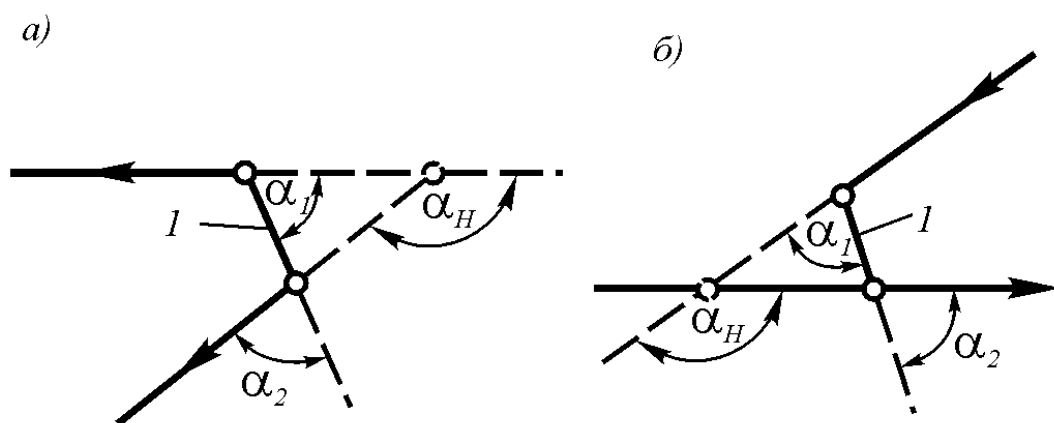


Рис. 4.1. Схемы поворота трубопровода (а) и присоединения боковых веток (б):
1 - дополнительная ветка.

Любой угол поворота трубопровода в плане может быть выполнен при устройстве в колодце перепада — стояка. В этом случае поток совершает два поворота под углом 90° :

первый — с горизонтального направления на вертикальное; второй — с вертикального на новое горизонтальное направление. Расчет трубопровода в направлении движения воды даже при увеличении расхода может привести к уменьшению диаметра. Это происходит при резком увеличении уклона трубопровода и соответственно увеличении его пропускной способности. Допускается уменьшение диаметра на один размер по сортаменту при диаметре трубопровода до 300 мм и на два размера — при большем диаметре. Соединения труб в этом случае выполняют по лоткам труб. При значительном увеличении уклона трубопровода возможно устройство быстотока, оборудованного водобойным колодцем для затопления гидравлического прыжка и гашения энергии потока.

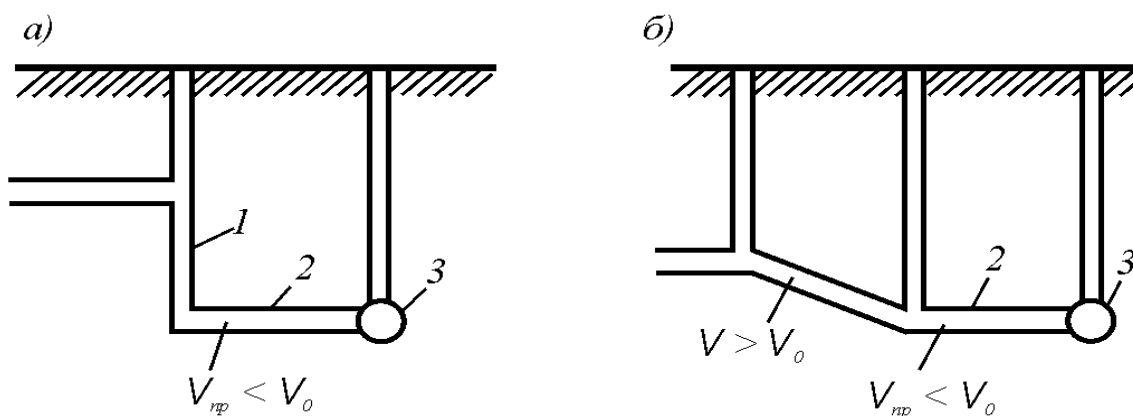


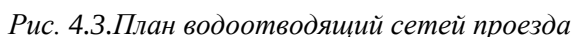
Рис. 4.2. Продольные профили боковых веток с перепадным колодцем (а) и участком с повышенным уклоном (б):
1 - перепадной колодец; 2 - боковая ветка; 3 - коллектор

При большой разнице в заглублении труб соединение выполняют либо путем устройства перепадного колодца перед присоединением на боковой ветке (см. рис. 4.2, а), либо прокладки предыдущего перед присоединением участка трубопровода на боковой ветке с увеличенным уклоном (рис. 4.2, б). Расчетная скорость в боковом присоединении не должна быть больше, чем в основном коллекторе V_0 . В местах сопряжения потоков не следует допускать встречных течений, ударов струй и подпоров. Боковые присоединения не должны тормозить течение в основном потоке. Наполнения в присоединяемых трубах должны быть выровнены по уровню воды или быть выше, чем в основном коллекторе.

Трубы малых размеров присоединяют к коллекторам больших размеров таким образом, чтобы лоток малого диаметра трубы находился на одном уровне с поверхностью воды при расчетном заполнении в трубе большого диаметра.

Допускается присоединение внутриквартальных сетей к уличным коллекторам без устройства смотрового колодца (бесколодезное присоединение) при условии, что длина соединительной ветки от контрольного колодца не превышает 15 м, и скорость движения сточных вод в коллекторе свыше 1 м/с. Конструкции присоединения без колодцев не должны

На стадии разработки рабочих чертежей решается вопрос о способе прокладки трубопроводов в пределах проездов. Их расположение обязательно должно увязываться с положением других подземных и наземных сооружений.



Расположение трубопроводов должно обеспечивать надежность функционирования, доступность при ремонтных работах, соблюдение санитарных условий и требований охраны окружающей природной среды.

При параллельной прокладке самотечных трубопроводов на одном уровне с водопроводами расстояние между стенками труб должно быть не менее 1,5 м при водопроводах диаметром до 200 мм и не менее 3 м — большего диаметра.

При пересечении с водопроводной сетью самотечные трубопроводы укладывают ниже не менее чем на 0,4 м. Это условие может не соблюдаться, если водопровод выполняется из металлических труб в футлярах.

При прокладке самотечных трубопроводов параллельно газопроводам расстояние в плане между стенками труб должно быть не менее для газопроводов различного давления:

низкого (до 5кПа) — 1м, среднего (0,3 МПа) — 1,5м,

высокого (0,3-0,6 МПа) — 2м, высокого (0,6-1,2 МПа) — 5м.

На рис. 4.4. показана схема оптимального размещения подземных сетей и сооружений.

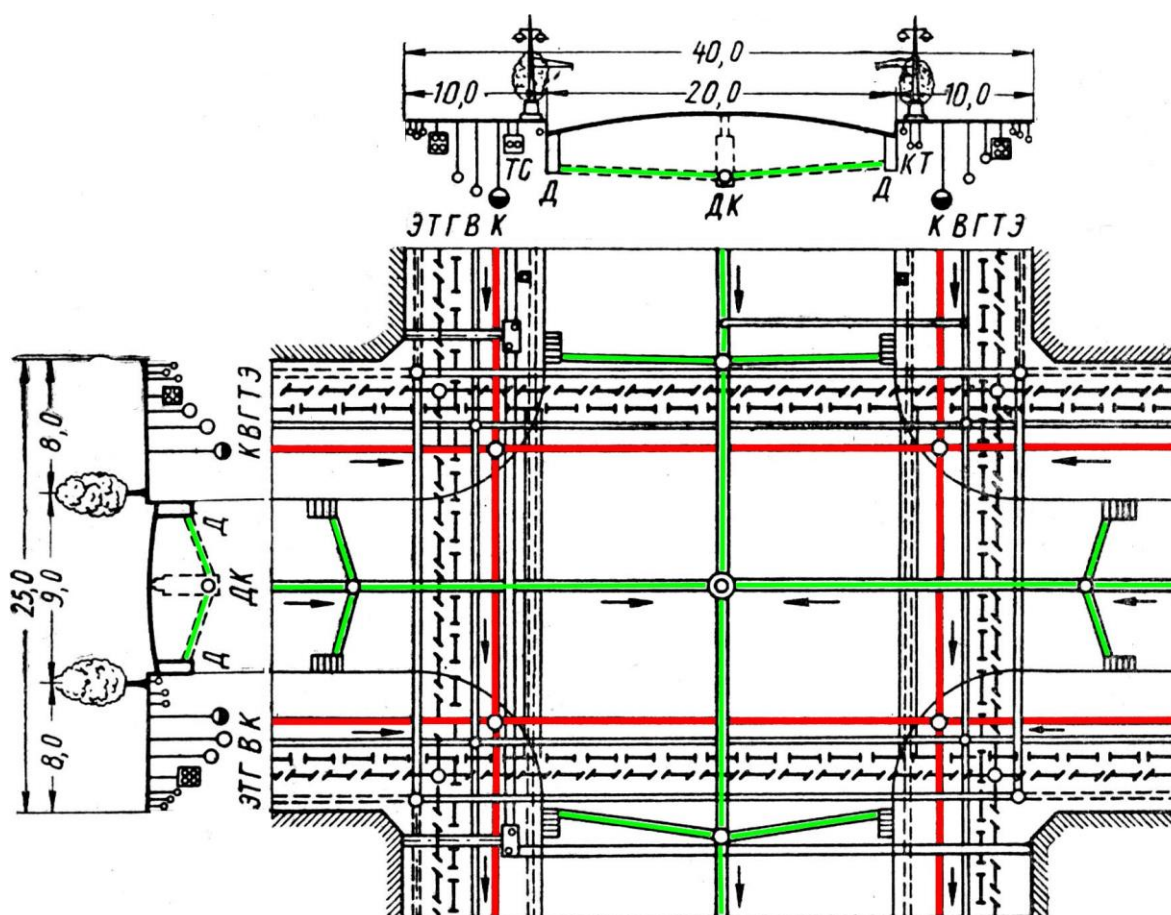


Рис. 4.4. Схема размещения подземных коммуникаций:

ТС - тепловая сеть; КТ - кабель трамваев; Э - электросеть; Т - телефон; Г - газопровод; В - водопровод; К - трубопровод водоотводящей сети; Д - дождеприемники; ДК - водостоки

В городах и на промышленных предприятиях со сложным хозяйством инженерные сети различного назначения прокладывают совмещенным

способом в проходных тоннелях. В этом случае уклон тоннеля определяется уклоном, необходимым для надежной работы самотечной водоотводящей сети.

Неоднозначно отношение специалистов к устройству аварийных выпусков на водоотводящей сети. Назначение их заключается в обеспечении быстрых аварийно-восстановительных работ при катастрофических повреждениях на водоотводящей сети. Как показал опыт эксплуатации, отсутствие аварийных выпусков, при недостаточной надежности системы водоотведения, становится причиной неорганизованного отведения сточных вод по территории населенных мест и вывода из строя оборудования, что требует значительного времени на его замену. Аварийный выпуск следует рассматривать как необходимый элемент обеспечения быстрого выполнения аварийно-восстановительных работ. При дальнейшем развитии и повышении надежности необходимо развивать технологию водоотведения путем строительства аварийно - регулирующих резервуаров, дополнительных дублирующих водоводов, перемычек, обеспечивающих переключение потоков стоков по другим направлениям. При этом следует иметь в виду, что устройство других, более надежных средств, кроме аварийных выпусков, это дорогостоящие сооружения, использование которых реально лишь при возникновении аварийных ситуаций, вероятность которых мала.

4.2. Методы прокладки трубопроводов водоотводящих сетей

В период строительства новых и развития старых городов и мегаполисов их подземная инфраструктура, в том числе и водоотводящие сети, строились в основном открытым способом, при котором трубопроводы прокладывались на требуемых отметках в открытых траншеях с их последующей засыпкой вынутым грунтом. В последние 10...15 лет рост протяженности водоотводящих сетей замедлился, что связано с переходом от экстенсивного

периода развития городов к их более плотной и многоэтажной застройке, хорошо заметной на примере г. Москвы.

В этих условиях основной задачей становится не строительство новых водоотводящих линий, а обеспечение надежной эксплуатации уже существующих подземных коммуникаций, что неизбежно связано с заменой, перекладкой и реконструкцией отслуживших свой нормативный срок и аварийных участков сетей.

По имеющимся данным следует, что из 400 тыс. км существующих в России канализационных сетей 108 тыс. км отслужили свой нормативный срок или находятся в аварийном состоянии и их ежегодный прирост составляет 8 тыс. км, в то время как ежегодно перекладывается лишь 2,2 тыс. км. Следовательно, вопросы перекладки сетей и поддержания их в работоспособном состоянии являются наиболее актуальными для коммунальных городских служб.

Так для крупнейшего мегаполиса – города Москвы 1090 км водоотводящих сетей, что составляет около 16%, старше 60 лет и нуждаются в перекладывании или реконструкции, тогда как строительство новых линий составило лишь около 460 км за последние 15 лет.

Однако в условиях современных городов, с их уплотненной застройкой, насыщенной подземной инфраструктурой и интенсивным движением автотранспорта, использование открытых способов прокладки трубопроводов становится не только затруднительным, но и практически невозможным. Аналогичная тенденция наблюдается в Европе и США, где в благоустроенных городах около 95% работ по прокладке и восстановлению подземных коммуникаций производится бестраншейным способом.

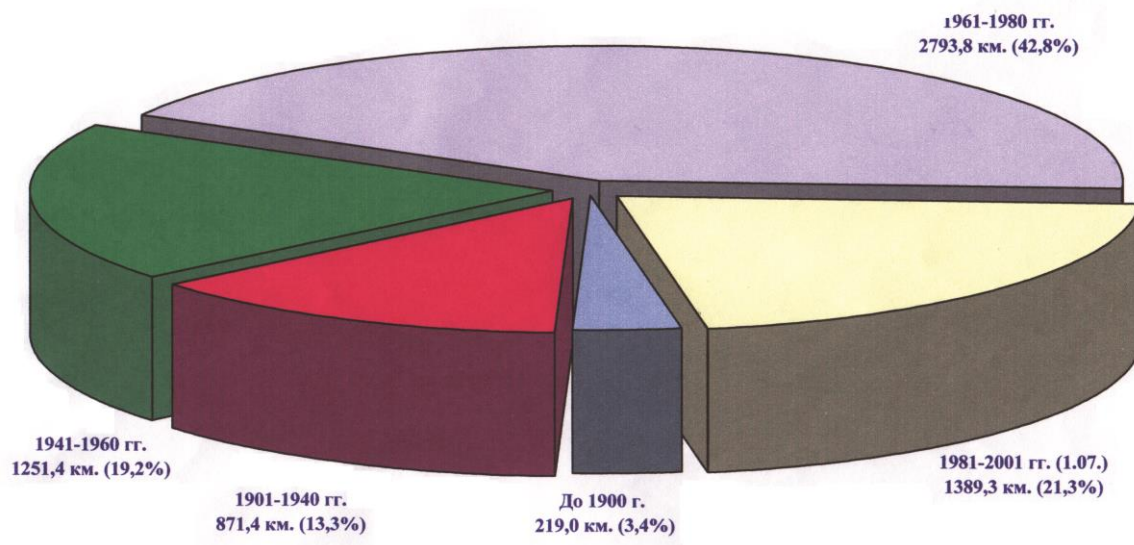


Рис. 4.5. Удельный вес различных сроков постройки сети в г. Москве

4.3. Бестраншейная прокладка и замена труб водоотводящих сетей

Основными бестраншейными методами прокладки и реконструкции подземных трубопроводов являются:

- щитовая прокладка;
- микротоннелирование;
- горизонтальное направленное бурение;
- прокалывание, пробивка и продавливание;
- раскатывание.

Щитовая проходка представляет собой закрытый способ прокладывания тоннелей механизированными щитами диаметром 1,5...3,6 м с последующей укладкой в тоннелях труб требуемого диаметра и забутовкой свободного пространства. При проходке щитов в водонасыщенных и слабоустойчивых грунтах требуется проводить дорогостоящие операции по водопонижению, замораживанию или химическому закреплению. В застроенных городских районах производство щитовой проходки неизбежно связано с необходимостью ограничения движения транспорта.

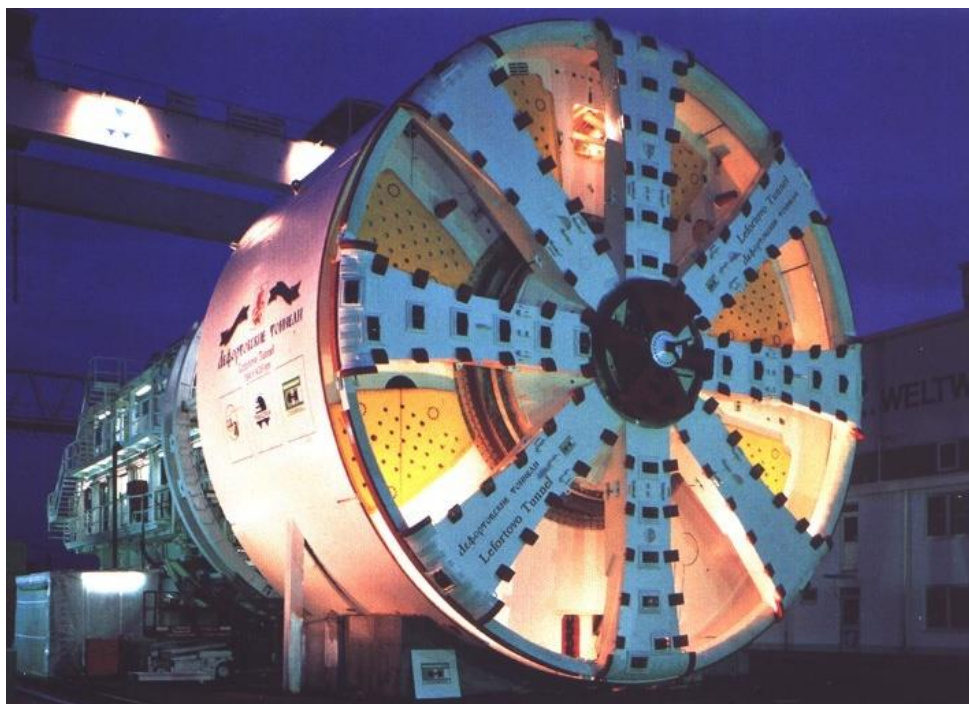


Рис. 4.6. Внешний вид механизированного щита для проходки тоннелей и коллекторов больших диаметров

Микротоннелирование осуществляют с помощью дистанционно управляемых комплексов, позволяющих осуществлять 10-15 м проходки в сутки практически во всех горно-геологических условиях, в том числе водонасыщенных грунтах без водопонижения или закрепления грунтов. На рис. 6.17 приведен общий вид микрощитов. Так, например, фирма «Херренкнехт АГ» выпускает щиты для технологии микротоннелирования диаметром от 150 мм до 14,2 м, при использовании которых полностью устраняется ручной труд в забое, механизмуется процесс прокладки труб, и все управление технологическим процессом осуществляет с централизованного пульта машинистом.

Допустимый зазор между прокладываемым трубопроводом и расположенными в земле коммуникациями при этом методе составляет не менее 1 м, отклонения от проектных отметок не превышают 10-20 мм.



Рис. 4.7. Микроциклы различных диаметров фирмы "Soltan"

Горизонтальное направленное бурение при прокладке труб до 150 мм ведется с использованием раствора на основе бентонита или полимеров (рис. 4.8., 4.9).

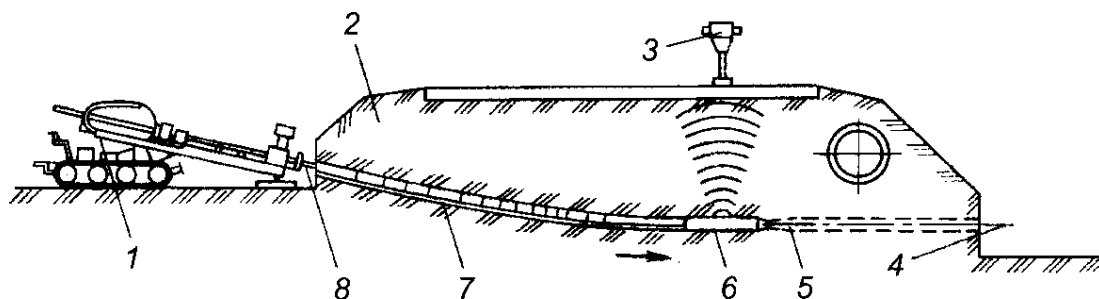


Рис. 4.8. Схема направленного бурения гидроразрывом (создание лидерной скважины):
1 – установка направленного бурения; 2 – земляное сооружение; 3 – радиолокатор; 4 – проектная ось коммуникаций; 5 – струя жидкости; 6 – буровая головка; 7 – лидерная скважина; 8 – штанга

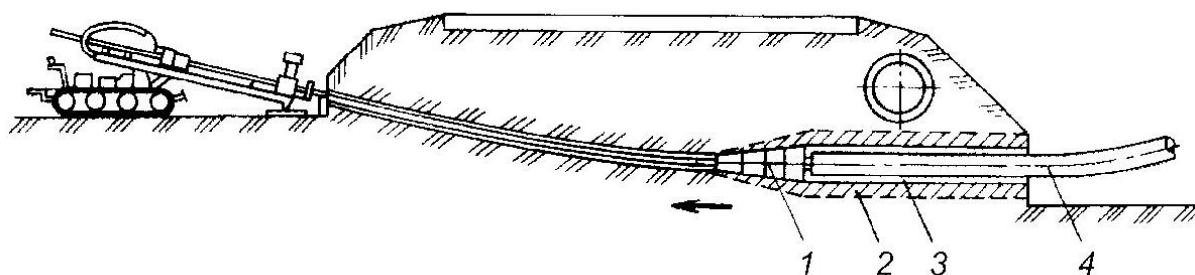


Рис. 4.9. Схема расширения лидерной скважины уплотнением грунта с одновременным затягиванием трубопровода:

1 – раскатчик скважин; 2 – зона уплотненного грунта; 3 – расширенная скважина; 4 – протаскиваемый трубопровод.



Рис. 4.10. Установка горизонтального направленного бурения.

Трубы большего диаметра прокладываются с помощью установок горизонтального шнекового бурения (рис. 4.11.).

Малые установки шнекового бурения с тяговым усилием 4 т позволяют прокладывать трубы диаметром до 300 мм и длиной до 50 м. Установки с тяговым усилием 30 т используют для прокладки труб диаметром до 500 мм на расстояние до 400 м.

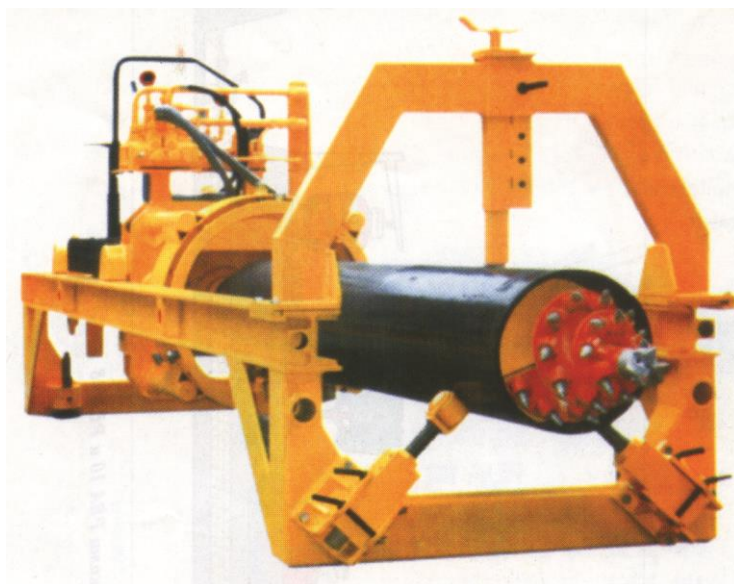


Рис. 4.11. Установка горизонтального шнекового бурения

Прокалывание и пробивка заключается в проходке горизонтальных скважин и затягивании в них труб (диаметром до 400 мм) с помощью пневмопробойников. Пневмопробойники имеют обтекаемый корпус, в котором размещены ударник и воздухораспределительный механизм, обеспечивающий как прямой, так и обратный ход пробойника. Проход пробойника происходит с достаточно высокой скоростью, их эксплуатация весьма проста.

Продавливание осуществляют путем забивки в грунт стальных трубопроводов диаметром 400-1400 мм с помощью пневмоударных машин. На рис. 4.12 представлены возможные функции пневмопробойников.

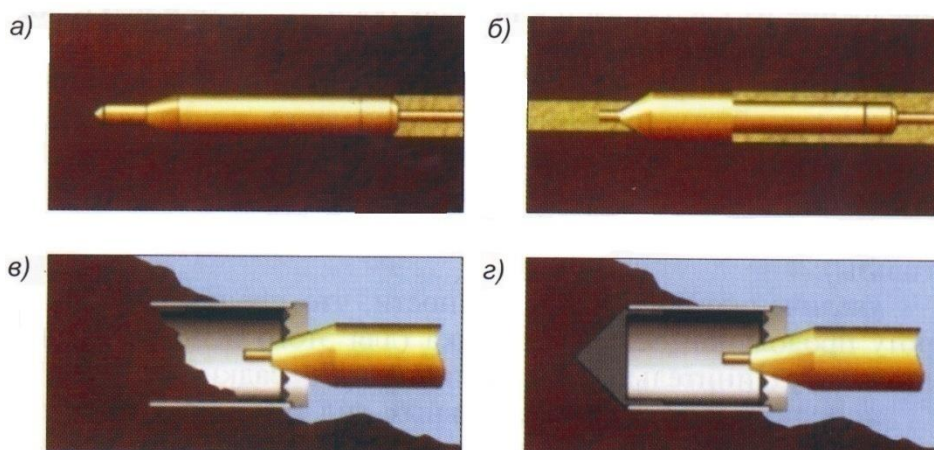


Рис. 4.12. Схема прохода (а) и расширения (б) скважин и продавливания (в, г) труб с помощью пневмопробойников

Раскатывание используют для проходки и расширения существующих скважин за счет специальной раскатывающей головки (рис. 6.23), приводимой в движение буровым станком через наращиваемые буровые штанги. При вращении головки грунт вдавливается в стенки скважины и образуется устойчивая цилиндрическая полость, в которую затем при реверсе раскатчика затаскивается трубопровод. Соответствие оси раскатчика оси проектируемого трубопровода контролируют лазерной системой наведения.



Рис. 4.13. Общий вид раскатчика скважин

Разработанные методы закрытой прокладки используют не только при строительстве новых трубопроводов, но и замене старых, аварийных участков сетей на новые. В России разработаны и серийно применяются пневмомолоты (табл. 4.2.), которые используются вместе с расширителями (табл. 4.3) для разрушения подлежащего замене старого трубопровода.

Оборудование размещается в существующих колодцах и не требует устройства дополнительных шахт или котлованов.

Таблица 4.2.

Технические характеристики серийных пневмомолотов

Параметр	Модели молотов			
	ЛГМ-125	ЛГМ-170К	МПС-62Б	МПС-65

Наружный диаметр корпуса, мм	129	170	185	240
Энергия удара, Дж	120 $\pm$ 10	300 $\pm$ 25	450 $\pm$ 30	550 $\pm$ 50
Частота ударов, с ⁻¹	7,5 $\pm$ 0,25	9,0 $\pm$ 0,3	6,0 $\pm$ 0,3	7,5 $\pm$ 0,4
Расход сжатого воздуха, м/мин	3,0 $\pm$ 0,25	7.5 $\pm$ 0,5	8,0 $\pm$ 0,5	14,0 $\pm$ 0,7
Длина, мм	1055	910	1080	995
Масса, кг	63	90	135	220

Пневмомолоты сконструированы по беззолотниковой схеме, обеспечивающей устойчивую работу, надежный запуск, одновременно позволяющей сделать машину достаточно простой по конструкции и относительно дешевой при промышленном изготовлении. Все машины рассчитаны на рабочее давление сжатого воздуха 0,6 МПа, но устойчиво работают и при падении давления до 0,35-0,40 МПа.

Таблица 4.3

Технические характеристики расширителей

Параметр	Модель расширителя				
	МПС-59	МПС-70	МПС-18	МПС-76	МПС-71
Наружный диаметр расширительной втулки, мм	210	265	262	360	360
Внутренний диаметр заменяемого трубопровода, мм	150	200-250	150-200	200-250	200-300
Прокладываемая труба	160-С	225-С	225-С	280-С	315-С

Важным составляющим элементом рабочего оборудования является конус-расширитель. Он состоит из 3-х элементов: расширительной втулки, которая насаживается на коническую головную часть корпуса пневмомолота; удлинителя, шарнирно прикрепленного к передней части пневмомолота и к тяговому тросу лебедки; конической втулки с ребрами-ножами, свободно посаженной на удлинитель и опирающейся задней частью в переднюю

торцевую поверхность расширительной втулки. Удары пневмомолота через коническую поверхность корпуса передаются на расширительную втулку, а от нее через переднюю торцевую поверхность к конической втулке, которая разрушает старый трубопровод. Натяжение тягового троса обеспечивает надежный силовой контакт между всеми элементами рабочего оборудования. К расширительной втулке крепится первая секция заменяющей пластмассовой трубы.

Помимо рабочего органа, в комплект оборудования для бестраншейной замены канализационных трубопроводов входят тяговая лебедка и отклоняющий анкер.

В качестве привода лебедки используют аксиально-поршневой пневматический двигатель типа ДАР. Выбор двигателя определяется тем, что его механическая характеристика обеспечивает постоянство или даже возрастание крутящего момента при снижении угловой скорости, вплоть до полной остановки.

Кроме того, были приняты во внимание такие вопросы, как единый вид энергоносителя (сжатый воздух), безопасность и др. Лебедка развивает тяговое усилие на барабане до 55 кН при скорости навивки каната до 0,03-0,04 м/с. Техническая производительность комплекта составляет 200-210 пог. м в месяц. Отпускная цена – 180-200 тыс. руб. Стоимость зарубежного оборудования, использующего аналогичный принцип, с транспортными и таможенными расходами составляет 40-50 тыс. долл. США, т.е. в несколько раз выше. Средняя стоимость перекладки 1 пог. м трубопровода, в зависимости от конкретных условий, от 1400 до 200 руб., что в два раза ниже, чем стоимость замены традиционным открытым траншейным способом. На технологию и оборудование получен 31 патент, и она была использована при реконструкции канализации на территории Московского Кремля.

4.4. Особенности устройства сетей в особых климатических зонах (условиях)

В связи со строительством новых и реконструкцией старых хозяйственных и промышленных объектов в Российской Федерации, а также с ухудшающейся экологической обстановкой в стране, в настоящее время проводятся большие работы по строительству систем и сооружений водоотведения. Одной из главных задач строительства является обеспечение надежности сетей и сооружений водоотведения, как в период проектирования и проведения строительно-монтажных работ, так и в процессе эксплуатации этих систем. Для обеспечения достаточно надежных эксплуатационных характеристик необходимо учитывать при проектировании основные факторы, влияющие на показатели надежности. Всё это приобретает особую актуальность для тех случаев, когда нарушение эксплуатационных характеристик сооружений и сетей может привести к аварийной ситуации.

При проектировании, строительстве и эксплуатации сетей и сооружений системы водоотведения для обеспечения надежной эксплуатации в течение длительного периода времени необходимо выявлять геофизические воздействия, вызывающие проявления и активизацию опасных природных (геологических, гидрометеорологических и др.) процессов.

Оценка опасности возникновения геофизических воздействий в литосфере, гидросфере и атмосфере должна проводиться на основе использования опубликованных и фондовых данных о состоянии природной среды, материалов комплексных инженерных изысканий, включающих прогноз взаимодействия проектируемых объектов с окружающей средой, и исходных данных для разработки предпроектной и проектной документации.

При выявлении опасных геофизических воздействий и их влияния на строительство сооружений системы водоотведения следует учитывать категории оценки сложности природных условий.

Для прогноза опасных природных воздействий применяются структурно-геоморфологические, геологические, геофизические, сейсмологические, инженерно-геологические и гидрогеологические,

инженерно-экологические, инженерно-геодезические методы исследования, а также комплексные исследования с учетом сложности природной и природно-техногенной обстановки территории.

Результаты оценки опасности природных, в том числе геофизических воздействий, включаются в исходные данные для разработки документации на строительство сетей и сооружений систем водоотведения с целью:

- установления целесообразности строительного освоения территории;
- разработки мероприятий по устранению или ослаблению влияния опасных природных воздействий (защитных сооружений, планировочных мероприятий и др.);
- выбора соответствующих конструктивных и технологических решений, компенсирующих опасные воздействия.

Таблица 4.4.

Категории оценки сложности природных условий

Характеристики	Категории оценки сложности природных условий		
	простые	средней сложности	сложные
Рельеф и геоморфологические	Равнинный, слаборасчлененный район; не более трех геоморфологических элементов одного генезиса	Равнинный и предгорные районы; более трех геоморфологических элементов одного генезиса	Горный район; множество геоморфологических элементов различного генезиса
Гидрогеологические в сфере взаимодействия сетей и сооружений с геологической	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным	Два и более выдержанных горизонта подземных вод, местами с неоднородным	Горизонты подземных вод не выдержаны по простирацию и по мощности, с

средой	химическим составом	химическим составом или обладающим напором	неоднородным химическим составом. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод изменяются по простиранию
ОПП (опасные природные процессы), сейсмичность с учетом сейсмического микрорайонирования	ОПП имеют ограниченное и локальное распространение, сейсмическая интенсивность не более 6 баллов	ОПП развиты на значительных площадях, охватывают менее 50% территории, сейсмическая интенсивность от 6 до 7 баллов	ОПП охватывают более 50% территории, сейсмическая интенсивность более 7 баллов

При проектировании сетей и сооружений водоотведения и их инженерной защиты от опасных природных процессов следует учитывать наиболее опасные из них.

Таблица 4.5.

Категории опасности природных процессов

Показатели,	Категории опасности процессов
-------------	-------------------------------

используемые при оценке степени опасности природного процесса (ОПП)	чрезвычайно опасные (катастрофиче ские)	весьма опасные	опасные	умеренно опасные
<i>Землетрясения</i>				
Интенсивность, баллы (шк.Рихтера)	более 9	8 - 9	6 - 7	менее 6
<i>Карст</i>				
Площадная пораженность территории, %	-	5- 80	5 - 100	до 5
Частота провалов земной поверхности, число случаев в год	-	0,1 и более	до 0,1	до 0,01
Средний диаметр провалов, м	-	20 и более	до 20	до 20
Общее оседание территории	-	от незначител ьных до нескольких мм в год	незначител ьно	незначительн о
<i>Просадочность лессовых пород</i>				
Площадная пораженность территории, %	-	60-70	50-60	30-40
Площадь проявления на одном участке, тыс. м ³	-	до 2,5	до 2,5	до 0,25
Объем подверженных деформации горных пород , тыс. м ³	-	до 100	до 50	до 25
Продолжительност ь проявления процесса, сут.	-	2-40	25-400	более 100
Скорость развития процесса, сут.	-	0,5-400	0,1-0,5	менее 0,1

<i>Подтопленные территории</i>				
Площадная пораженность территории, %	-	75-100	50-75	до 50
Продолжительность формирования водоносного горизонта, лет	-	менее 3	до 5	более 5
Скорость подъема уровня подземных вод, м/год	-	более 1	0,5-1	0,5
<i>Эрозия речная</i>				
Площадная пораженность территории, %	-	5-6	8-10	8-10
Протяженность берега в пределах которого относительно одновременно происходит развитие процесса, км	-	200-300	300-400	300-400
Объем относительно одновременных деформаций пород, млн.м ³ /год	-	0,2-0,3	до 0,04	до 0,08
Скорость развития, м/год	-	более 3	до 1-3	0,1-1
<i>Пучение грунта</i>				
Потенциальная площадная пораженность территории, %	-	более 75	10-75	менее 10
Площадь проявления на одном участке, км ²	-	0,01-10	0,01-10	0,01-10
Объем относительно одновременных деформаций пород, млн.м ³	-	1-30	0,05-1	менее 0,05

Скорость развития, см/год	-	до 50	5-10	менее 5
<i>Наводнения</i>				
Площадная пораженность территории, %	10	30	30	70-100
Плодотворность проявления, ч	20-25	1-3	3-5	5-10
Скорость перемещения, м/с	700-100	50-70	35-40	25-40
Повторяемость, ед. в год	0,001-0,01	0,01-0,02	0,02-0,05	0,05-0,1

Из перечисленных в таблице опасных природных явлений рассмотрим наиболее распространенные на территории Российской Федерации и оказывающие существенное влияние на надёжность и стоимость строительства водоотводящих систем.

В сложных инженерно-геологических условиях стоимость устройства оснований и фундаментов под сети и сооружения водоотведения составляют значительную часть от стоимости строительно-монтажных работ. Основные проблемы научно-технического прогресса в фундаментах состоят в разработке новых технологических схем, позволяющих сократить расходы металла, цемента и трудозатраты при максимальном использовании несущей способности грунтовых оснований для сетей и сооружений систем водоотведения.

Инженерные трубопроводные системы, включая водоотводящие сети и сооружения на них, являются главной составляющей инженерной инфраструктуры городов. От качества и бесперебойности функционирования этих систем зависит жизнеобеспечение населения, работа предприятий, а также неизменность техногенной структуры городских территорий. Ненадежная работа сооружений и сетей водоснабжения и водоотведения, сопровождающаяся большими потерями воды приводит к подтоплению территорий, затоплению подвальных помещений, подъёмам уровня грунтовых

вод, что создает угрозу аварийного повреждения, как самих трубопроводов, так и близлежащих сооружений.

Анализ функционального, технического и санитарного состояния трубопроводов свидетельствует о наблюдающемся в последние годы резком снижении этих показателей. Из ныне действующих водонесущих трубопроводов коммунального назначения общей протяженностью более 700 тыс. км, не менее 350 тыс. км служит свыше 30 лет, т.е. более расчетного срока, около 50 тыс. км находится в аварийном или близком к нему состоянии.

Особенности расчета, проектирования и строительства систем водоотведения в сейсмических районах. Расчет конструкций и оснований сооружений и сетей водоотведения, проектируемых для строительства в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий.

Таблица 4.6.

Сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий

Виды нагрузок	Значение коэффициента сочетаний n_c
Постоянные	0,9
Временные длительные	0,8
Кратковременные	0,5

Строительство водоотводящих сетей и сооружений в сейсмических районах осуществляется теми же способами и методами, как и в обычных условиях строительства, но с соблюдением предусмотренных проектом мероприятий по обеспечению их сейсмостойкости.

Все работы по обеспечению сейсмостойкости трубопроводов и сооружений, выполненные в процессе строительства, фиксируются в журнале работ и в актах освидетельствования скрытых работ.

Актами освидетельствования скрытых работ должны быть оформлены все основные специальные работы, в том числе: устройство пропусков труб через стены колодцев, камер, емкостных сооружений.

При отводе под строительство водоотводящих сетей и сооружений считаются неблагоприятными в сейсмическом отношении площадки с крутизной склонов более 15° , близостью плоскостей сбросов, сильной нарушенностью пород физико-геологическими процессами, просадочностью грунтов, осыпями, обвалами, пывунами, оползнями, карстом, горными выработками, селями. При необходимости строительства сооружений и сетей водоотведения на таких площадках следует принимать дополнительные меры к укреплению их оснований и усилению конструкций.

На площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов, возводить здания, сооружения и сети, как правило, не допускается. При необходимости строительство на таких площадках допускается по согласованию с Минстроем России по специально разработанным проектам.

При проектировании сооружений и систем водоотведения для строительства в районах сейсмичностью от 7 до 9 баллов для минимизации ущерба от землетрясений рекомендуется:

- применять материалы, конструкции и конструктивные схемы, а также трубы и их стыковые соединения позволяющие с наибольшим эффектом воспринимать сейсмические нагрузки;
- принимать симметричные конструктивные схемы сооружений, равномерное распределение жесткостей конструкций и их масс;
- в сооружениях из сборных элементов располагать стыки вне зоны максимальных усилий, обеспечивать монолитность и однородность конструкций с применением укрупненных сборных элементов;
- возводить сооружения из монолитного железобетона;
- предусматривать условия, облегчающие развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций.

При проектировании сооружений систем водоотведения для строительства в сейсмических районах следует учитывать:

- а) интенсивность сейсмического воздействия в баллах (сейсмичность);

б) повторяемость сейсмического воздействия.

Интенсивность и повторяемость принимается по картам сейсмического районирования территории СНГ, принятым еще Академией наук СССР, с изменениями, утвержденными Российской Академией наук.

Определение сейсмичности площадки строительства производится на основании сейсмического микрорайонирования.

В районах, для которых отсутствуют карты сейсмического микрорайонирования, допускается определять сейсмичность по аналогичным грунтовым условиям.

Особенности расчета, проектирования, строительства и эксплуатации систем водоотведения в просадочных грунтах, на подрабатываемых и подтапливаемых территориях. Опыт эксплуатации сооружений и сетей систем водоотведения, построенных на лессовых просадочных грунтах, показывает, что в результате применения недостаточно обоснованных методов расчета при проектировании систем водоотведения, не соблюдения технологий строительства сетей и сооружений деформировалось большое количество трубопроводов и сооружений на них. В процессе деформации разрушаются стыковые соединения между трубами и местами примыкания труб к стенкам сооружений, увеличиваются утечки воды, что в свою очередь вызывает увеличение просадок лессовых грунтов, залегающих в основании сетей и сооружений.

Поэтому при проектировании и строительстве сетей и сооружений систем водоотведения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах следует предусматривать: соответствующие планировочные мероприятия; конструктивные меры защиты сооружений; мероприятия, снижающие неравномерную осадку и устраняющие крены сооружений с применением различных методов их выравнивания; горные меры защиты, предусматривающие порядок горных работ, снижающий деформации земной

поверхности; инженерную подготовку строительных площадок, снижающую неравномерность деформаций основания; водозащитные мероприятия на территориях, сложенных просадочными грунтами; ликвидацию (тампонаж, закладку и т.п.) пустот старых горных выработок, находящихся на глубине до 80 м, выявленных в процессе изыскательских работ; мероприятия, обеспечивающие нормальную эксплуатацию наружных и внутренних инженерных сетей, а также другого инженерного и технологического оборудования в период проявления неравномерных деформаций основания.

Выполнение указанных мер защиты не исключает возможности появления в несущих и ограждающих конструкциях деформаций и трещин, приводящих к нарушению герметичности трубопроводов и сооружений и допускаемых по условиям эксплуатации.

Проекты сооружений систем водоотведения, разработанные для обычных условий строительства, не допускается применять для строительства на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах без проверки расчетом и переработки их, при необходимости, в соответствии с нормативными требованиями.

Типовые проекты водоотводящих сооружений, возводимых на подрабатываемых территориях, должны быть унифицированы в целях обеспечения возможности их применения на подрабатываемых территориях различных групп и на просадочных грунтах с I и II типами грунтовых условий, а также при строительстве на неоднородных, набухающих, заторфованных, илистых, аллювиальных и насыпных грунтах. В соответствии с классификацией ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» просадочные грунты подразделяются на 2 типа в зависимости от величины возможной просадки под действием нагрузки только от собственного веса грунтового массива: I тип по просадочности, когда величина просадки не превышает 5 см, II тип – когда просадка превышает эту величину.

К проекту водоотводящих сетей и сооружений прилагается специальный паспорт, в котором необходимо привести:

- во всех случаях — краткое описание конструктивной схемы; указания об инструментальных наблюдениях за деформациями сетей или сооружения и земной поверхности; данные о результатах инструментальных наблюдений при сдаче сетей и сооружения в эксплуатацию; данные о предусматриваемых мерах защиты, осуществляемых в период строительства и эксплуатации; указания о способах выравнивания сооружений;

- для подрабатываемых территорий — описание мер защиты; данные о величинах деформаций земной поверхности и физико-механических характеристиках грунтов основания;

- для просадочных грунтов — схему застройки микрорайона или квартала с нанесением водонесущих сетей (водопровода, водоотведения, теплотрасс) и указанием расположения запорных устройств на водоводах для отключения отдельных трасс или их участков при аварии; план расположения неподвижных реперов, используемых при наблюдениях за осадками сетей и сооружений на сетях.

Паспорта должны постоянно находиться в эксплуатирующей и проектной организациях.

В качестве исходных данных при проектировании сетей и сооружений водоотведения на подрабатываемых территориях принимают максимальные ожидаемые (при имеющихся календарных планах развития горных работ) или вероятные (при отсутствии календарных планов горных работ) величины сдвигов и деформаций земной поверхности на участке строительства. При погоризонтной и панельной подготовках шахтного поля (пологое залегание) все намеченные к разработке пласты разделяют на две группы:

- пласты, разрабатываемые в первые 20 лет после начала эксплуатации объектов;

- пласты, разрабатываемые после 20 лет с момента начала эксплуатации объектов.

При прогнозе деформаций поверхности необходимо учитывать планируемые особенности подготовки и развития горных работ в свите пластов, способы управления горным давлением, число одновременно разрабатываемых пластов.

Ожидаемые (вероятные) деформации земной поверхности для неизученных месторождений и для районов с особо сложными горногеологическими условиями подработки должны рассчитывать горные инженеры-маркшейдеры по методикам, разработанным институтами, специализирующимися в этой области.

Планировка и застройка подрабатываемых территорий. Застройка территорий залегания полезных ископаемых допускается по согласованию с органами государственного горного надзора. При этом должны быть предусмотрены и осуществлены строительные и иные мероприятия, обеспечивающие возможность извлечения из недр полезных ископаемых.

Под застройку в первую очередь следует использовать территории, под которыми: залегают непромышленные полезные ископаемые; полезные ископаемые выработаны и процесс деформаций земной поверхности закончился; подработка ожидается после окончания срока амортизации проектируемых объектов.

При выборе для застройки территорий с промышленными запасами полезных ископаемых целесообразность намечаемого строительства должна быть подтверждена расчетами экономической эффективности возможных вариантов размещения сетей и сооружений с учетом затрат:

- на мероприятия по защите сетей и сооружений водоотведения от воздействий подработки и на расширение строительной производственной базы;

- на ремонт трубопроводов и сооружений;

- на обеспечение бесперебойной работы очистных сооружений и оборудования;

- в случае необходимости, связанной с корректировкой плана развития горных работ.

Картографический материал, необходимый для разработки проектов планировки и застройки городов и других населенных пунктов на подрабатываемых территориях, должен содержать: выкопировку из топографического плана района застройки; выкопировки из гипсометрических планов и геологических разрезов района застройки с указанием вынутых и планируемых к выемке запасов полезных ископаемых; геологическую карту района застройки с указанием выходов под наносы пластов полезного ископаемого и тектонических нарушений и примыкающих к ним опасных зон, не подлежащих застройке.

При разработке проектной документации в состав проектов детальной планировки и проектов застройки необходимо включать схемы горно-геологических ограничений, выполненные в масштабе основных чертежей. На схемах должны быть указаны категории территорий по условиям строительства: пригодные, ограниченно пригодные, непригодные, временно непригодные для застройки жилых районов и микрорайонов.

На площадках с различным сочетанием групп территорий, как правило, следует учитывать размещение функциональных зон и отдельных сооружений, строительство которых может быть обеспечено с применением строительных мер защиты.

Системы водоотведения на подтапливаемых территориях. При проектировании инженерной защиты территории от затопления и подтопления надлежит разрабатывать комплекс мероприятий, обеспечивающих предотвращение затопления и подтопления территорий в зависимости от требований их функционального использования и охраны природной среды или устранения отрицательных воздействий затопления и подтопления.

Защита территории населенных пунктов и систем их жизнеобеспечения, а также промышленных объектов должна обеспечивать:

- бесперебойное и надежное функционирование и развитие городских, градостроительных, производственно-технических, коммуникационных, транспортных объектов, зон отдыха и других территориальных систем и отдельных сооружений народного хозяйства;

- нормативные медико-санитарные условия жизни населения;

- нормативные санитарно-гигиенические, социальные и рекреационные условия защищаемых территорий;

- исключение возможности техногенного затопления и подтопления территорий, вызываемых разработкой месторождений полезных ископаемых.

В качестве основных средств инженерной защиты предусматривают:

- обвалование, искусственное повышение поверхности территории,
- руслорегулирующие сооружения и сооружения по регулированию и отводу поверхностного стока,

- дренажные системы и отдельные дренажи;

- другие защитные сооружения и мероприятия.

В качестве вспомогательных средств инженерной защиты используют естественные свойства природных систем и их компонентов, усиливающие эффективность основных средств инженерной защиты. К последним относится повышение водоотводящей и дренирующей роли гидрографической сети путем расчистки русел и стариц, фитомелиорацию, агролесотехнические мероприятия и т.д.

В состав проекта инженерной защиты территории включают организационно-технические мероприятия, предусматривающие обеспечение пропуска весенних и летних паводков.

Единые комплексные территориальные системы инженерной защиты проектируют независимо от ведомственной принадлежности защищаемых территорий и объектов.

Расчетные параметры затоплений пойм рек следует определять на основе инженерно-гидрологических расчетов в зависимости от принимаемых классов защитных сооружений. При этом следует различать затопления: глубоководное (глубина свыше 5 м), среднее (глубина от 2 до 5 м), мелководное (глубина покрытия поверхности суши водой до 2 м).

Границы территорий техногенного затопления определяют при разработке проектов сооружений водоотведения различного назначения и систем отвода отработанных и сточных вод от промышленных предприятий.

При оценке отрицательных воздействий подтопления территории учитывается:

- глубина залегания грунтовых вод,
- продолжительность и интенсивность проявления процесса,
- гидрогеологические, инженерно-геологические и геокриологические условия;
- медико-санитарные, геоботанические, зоологические, почвенные, агрохозяйственные, мелиоративные и хозяйственно-экономические особенности района защищаемой территории.

При оценке ущерба от подтопления необходимо учитывать застройку территории, классы защищаемых сооружений и объектов, ценность сельскохозяйственных земель, месторождений полезных ископаемых и природных ландшафтов, а также загрязнение грунтовых и поверхностных вод из-за нарушения работы сооружений и сетей водоотведения.

При расположении сооружений и систем водоотведения на прибрежной территории проектируемого водохранилища или другого водного объекта следует прогнозировать распространение подпора подземных вод при расчетном уровне воды в водном объекте на базе геологических и гидрогеологических изысканий, а на существующих водных объектах — на основе гидрогеологических исследований.

Особенности проектирования сооружений и сетей водоотведения для строительства на просадочных грунтах. Опыт эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения, построенных на лессовых просадочных грунтах, показывает, что в результате неправильного применения технологий по строительству данных сетей деформировалось большое количество трубопроводов. В процессе деформации разрушаются стыковые соединения трубопровода, увеличиваются утечки воды, что в свою очередь вызывает увеличение просадок лессовых грунтов, залегающих в основании сетей и сооружений. Возможная утечка, в том числе и аварийная, вод из сетей водоотведения неизбежно приведет к увлажнению грунтов оснований. В просадочных грунтах локальное увлажнение вызовет неравномерную просадку основания, а это, в свою очередь, неизбежно вызовет дополнительное силовое воздействие на конструкцию трубопроводов и сооружений. В связи с этим возникает необходимость выявления величины ожидаемой деформации лессовых просадочных грунтов в основании сетей водоотведения, вызванных возможными аварийными утечками вод.

В результате сложного комплекса физико-химического взаимодействия сточных вод с лессовыми просадочными грунтами последние принимают новые свойства. Исходные характеристики лессового просадочного грунта при этом претерпевают определенные изменения, связанные с уплотнением в результате увлажнения сложными по составу и свойствам сточными водами. Структурные связи в лессовых просадочных грунтах представляют собой, в основном, хрупкие необратимые связи, создаваемые различными солями. Солевые структурные связи неустойчивы к увлажнению водой. В грунтах, замоченных кислотными растворами, величина сцепления снижается, а в грунтах, замоченных щелочными растворами – увеличивается.

По скорости проявления и по величине ожидаемой деформации в лессовом просадочном грунте при его замачивании различными сточными водами могут резко отличаться от просадочных деформаций, возникающих в

них при увлажнении водой. Большую роль среди химических реакций играет растворение структурных связей лессовых грунтов при увлажнении их агрессивными сточными водами. В зависимости от характера протекания этих реакций проходят и структурные деформации в лессовых просадочных грунтах.

Природа просадочного процесса в лессовых грунтах обусловлена действием различных факторов, к числу которых на ряду с известными, относятся процессы растворения и выщелачивания легкорастворимых и среднерастворимых солей, в результате чего ослабляются кристаллизационные связи, повышается пористость грунта с протеканием значительных просадочных деформаций. В случае утечки при транспортировке сточных вод, содержащих растворенные кислоты или щелочи, наблюдается изменение химических реакций, протекаемых в грунтах оснований трубопроводов. При попадании в грунт щелочных стоков происходит нейтрализация свободной углекислотой и бикарбонатами, в то время как кислоты, взаимодействуя с бикарбонатами кальция, повышают содержание свободной углекислоты.

В зависимости от типа просадочного грунта водоотводящие сети прокладываются либо обычным способом (первый тип), либо с дополнительными требованиями. Необходимым требованием перед началом строительства сетей и сооружений является обеспечение беспрепятственного стока атмосферных вод со всей территории строительной площадки. Во время производства работ устраивается организованный отвод атмосферных вод через постоянно действующие ливневые сети с естественной утрамбованной поверхности. В случае возникновения местной просадки грунта, работы прекращаются до устранения источников замачивания грунта и стабилизации просадочного процесса.

При прокладке водоотводящих сетей параллельно фундаментам сооружений, расстояние по горизонтали до фундаментов зависит от толщины просадочного слоя грунта и диаметра трубопровода.

В стесненных условиях трубопроводы прокладывают в водонепроницаемом канале с уклоном канала в сторону контрольного колодца не менее 0,02.

При прокладке сетей водоотведения грунты второго типа по просадочности, грунт уплотняют на глубину 20...30 см для случая возможной просадки от собственного веса грунта до 40 см. Для ожидаемой величины просадки более 40 см, кроме уплотнения, сооружают водонепроницаемое основание с дренажным слоем толщиной 10 см, отводящим аварийные воды в нейтральные колодцы и устройства. В месте стыковых соединений траншею углубляют вытрамбовыванием.

При просадке грунта более 40 см для самотечных трубопроводов систем водоотведения применяются керамические, напорные и безнапорные железобетонные и асбестоцементные трубы. Для напорных трубопроводов используются чугунные и напорные полиэтиленовые трубы.

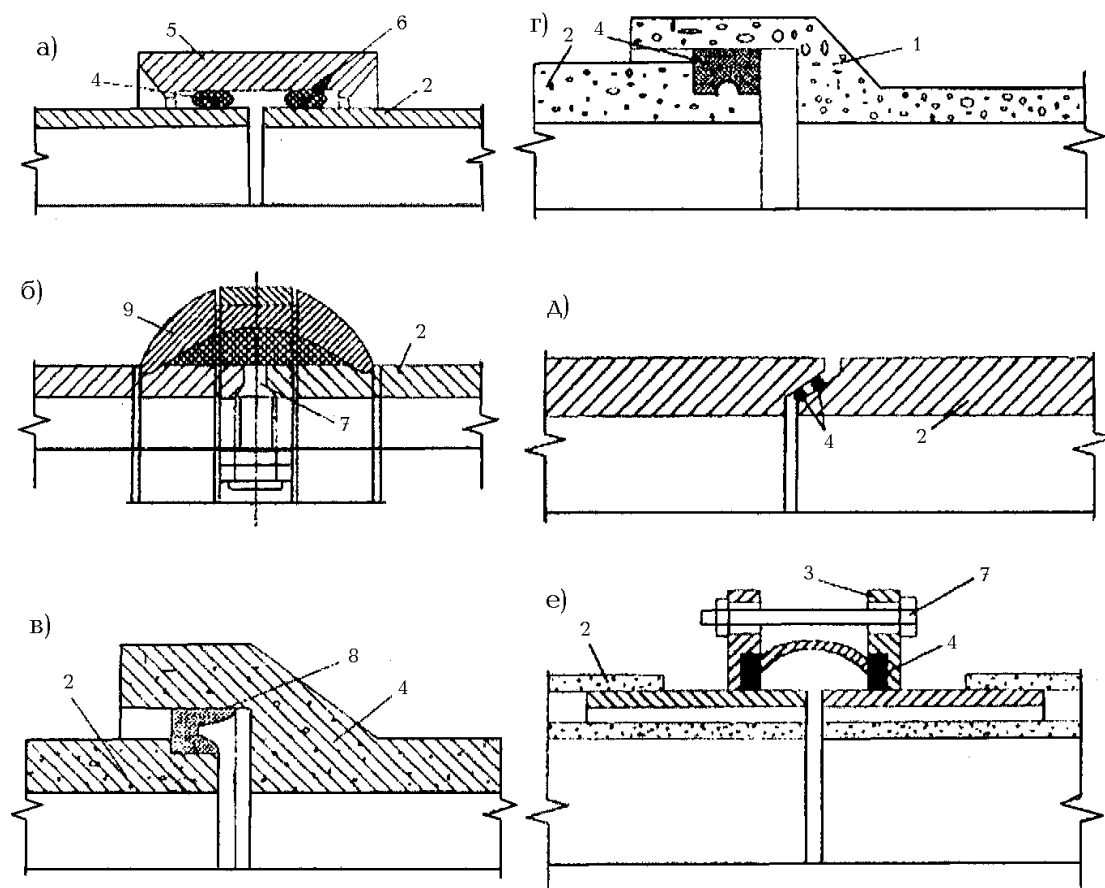


Рис. 4.15. Способы соединения подземных трубопроводов:

а, б – асбестоцементных; в, г – железобетонных раструбных; д, е – железобетонных фальцевых и с подвижными фланцами; 1 – раструб; 2 – гладкий конец; 3 – подвижный фланец; 4 – резиновое кольцо; 5 – муфта; 6 – закладной резиновый замок; 7 – чугунная муфта; 8 – желобчатое резиновое кольцо

На рисунках показаны стыковые соединения труб и места их примыкания к стенкам колодцев и сооружений при прокладке в просадочных грунтах.

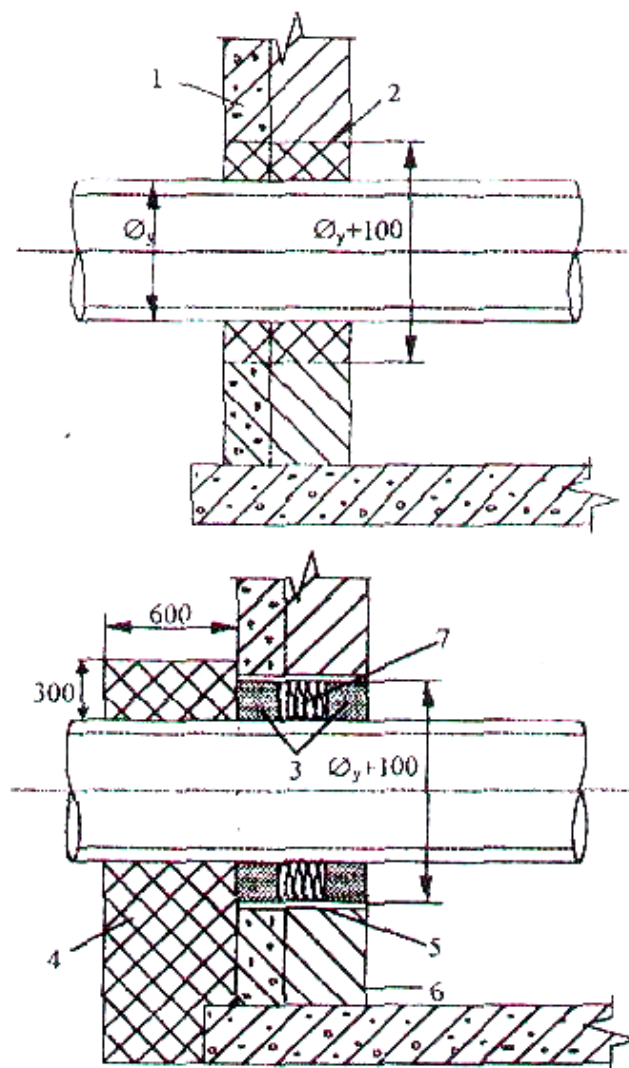


Рис. 4.16. Способы соединения подземных трубопроводов с колодцами:

1 - бетонная или кирпичная стенка колодца; 2 - монтажный проем в стенке заделанный глиной, смешанной с щебнем; 3 - асбоцементный раствор; 4 - водоупорный замок; 5 - трубный футляр; 6 - гидроизоляция; 7 - просмоленная прядь.

Для технического обслуживания и осуществления контроля за утечками из трубопроводов устанавливают контрольные колодцы. Основания под колодцы, при прокладке в просадочных грунтах 2-го типа уплотняют на глубину до 1 м с устройством водонепроницаемого днища и стен, расположенных ниже трубопроводов. Внутреннюю поверхность колодцев гидроизолируют двумя слоями горячего битума по предварительно огрунтованной поверхности. Конструкция заделки труб в стенки колодцев должна обеспечивать плотное соединение и независимость между просадками

колодца и трубопровода. Обратную засыпку пазух котлована производят только местным глинистым грунтом слоями толщиной по 0,2 м с уплотнением каждого слоя при оптимальной влажности грунта, указанной в проекте. Плохое уплотнение пазух приводит к появлению дополнительных боковых усилий, смещению или сдвигу трубопровода или строительных конструкций. Конструкции канализационных выпусков из сооружений в условиях просадочных грунтов имеют свои особенности, определяемые условиями работы сооружений. Высоту отверстия для трубопровода определяют по формуле:

$$B = h + d_{\text{н}} + 100 \text{ мм},$$

где h - высота, устанавливаемая конструктивным расчетом в зависимости от возможной просадки сооружения, мм; $d_{\text{н}}$ - наружный диаметр трубопровода с учетом гидроизоляции и покровного слоя, мм.

Диаметр отверстия под трубу принимают обычно равным 400 мм. Стенку, как правило, обмазывают горячим битумом в 2-3 слоя и устраивают глиняный замок толщиной не менее 500 мм. Отверстие в стене заполняют гранулированной минеральной ватой на битумной мастике с добавлением 5 % каучукового латекса или резинового клея. В качестве связующего компонента можно использовать раствор битума на уайт-спирите (52%) или бензина (22%) с добавлением мелкого заполнителя (26%). Трубопровод, примыкающий к зданию, устанавливают не менее чем на 500 мм выше подошвы фундамента. Зазор между трубопроводом и перемычкой над проемом должен составлять не менее 200 мм.

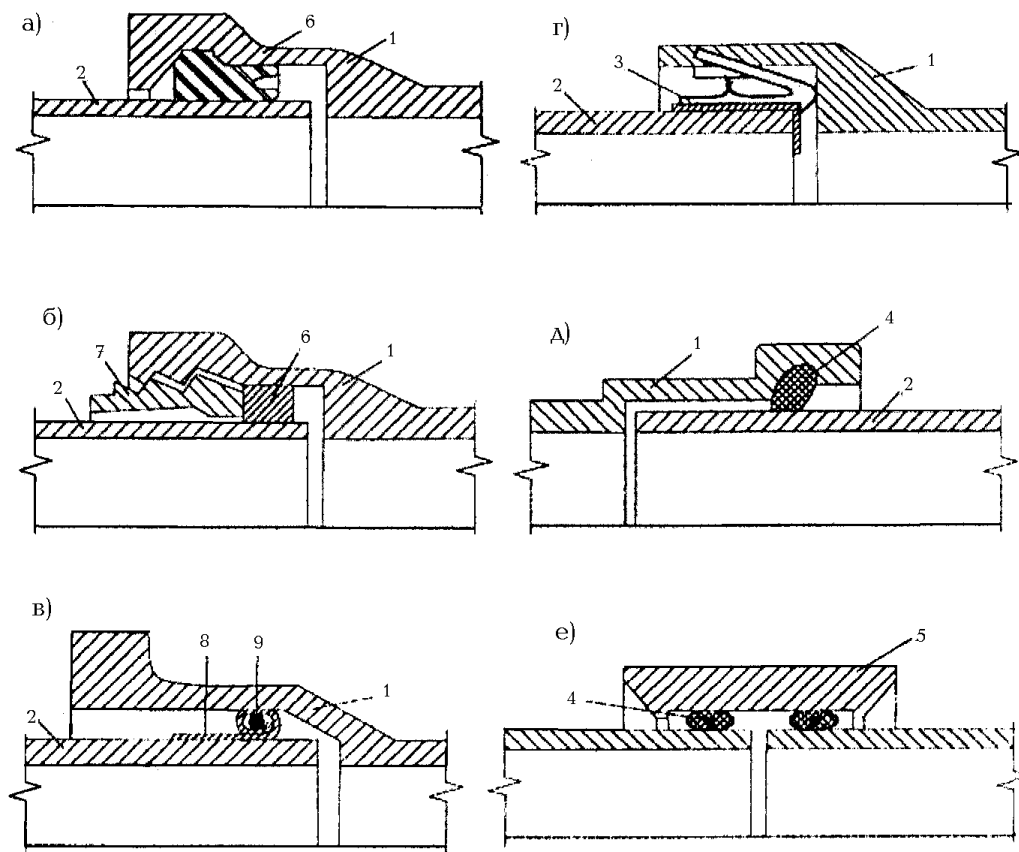


Рис. 4.17. Стыковые соединения подземных трубопроводов:

а б, в, г, д - чугунных раструбных для труб диаметром до 300 мм; е - с асбестоцементных: 1 - раструб, 2 - гладкий конец, 3 - фигурный эластичный уплотнитель из фенолформальдегидной синтетической резины, 4 - резиновое кольцо, 5 - муфта, 6 - резиновое самоуплотняющееся и уплотнительное (круглого сечения) кольцо, 7 - упорная металлическая муфта, 8 - резиновая накатная прокладка, 9 - кольцо

Проектирование закрепления грунтов. Закрепление грунтов производится в целях повышения их прочности и водонепроницаемости в основании проектируемых или существующих сооружений и сетей. Массивы из закрепленного грунта могут быть использованы в качестве для заглубленных емкостных сооружений и трубопроводов. Для закрепления массивов в зависимости от их назначения и грунтовых условий применяются следующие способы:

- инъекционный, осуществляемый путем нагнетания в грунт химических цементационных растворов с помощью инъекторов или в скважины (смолизация, силикатизация, цементация);

- буросмесительный (путем разработки и перемешивания грунта с цементом или цементными растворами в скважинах);
- термический (путем нагнетания в скважины высокотемпературных газов или с помощью электронагрева грунта).

Способ закрепления и рецептура растворов должны обеспечивать расчетные физико-механические характеристики закрепленного грунта и удовлетворять требованиям по охране окружающей среды.

Инъекционные способы закрепления грунтов применяются в следующих грунтовых условиях:

- силикатизацию и смолизацию – в песчаных грунтах с коэффициентом фильтрации k от 0,5 до 80 м/сут, в просадочных грунтах при $k = 0, 2$ м/сут и степени влажности $S_r = 0,7$;
- цементацию – в трещиноватых скальных грунтах с удельным водопоглощением не менее 0,01 л/мин м²; в крупнообломочных грунтах при $k \geq 40$ м/сут, а также для заполнения карстовых полостей и закрепления закарстованных пород.

Буросмесительный способ следует применять для закрепления независимо от коэффициента фильтрации илов (в том числе со слоями глин и суглинков с показателем текучести $J_L = 0,5$ или слоями песков рыхлых и средней плотности), а также лессовых просадочных грунтов с числом пластичности от 0,02 до 0,15 в грунтовых условиях I типа.

Термический способ применяется для закрепления лессовых просадочных грунтов со степенью влажности $S_r = 0,5$.

Для силикатизации и смолизации используют в качестве закрепителей – водные растворы силиката натрия, карбамидные и другие синтетические смолы, в качестве отвердителей – неорганические или органические кислоты и соли, а также газы. Для регулирования процессов гелеобразования или предварительной обработки закрепленного грунта применяются ре-цептурные добавки.

Для цементации грунтов применяются цементационные растворы (цементные, цементно-песчаные, цементо-глинистые, цементно-песчано-глинистые и др.), а также поризованные и вспененные растворы при необходимости с химическими добавками.

При наличии агрессивных подземных вод надлежит применять стойкие по отношению к ним цементы.

Форму и размеры закрепленных массивов, а также физико-механические характеристики закрепленных грунтов следует устанавливать исходя из инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки, принятого способа и технологии работ по закреплению грунтов, учитывая взаимодействие закрепленного массива с окружающим грунтом.

Расположение инъекторов и скважин и порядок захваток должны обеспечить создание закрепленного массива требуемой формы и размера.

Последовательность создания закрепленного массива должна исключить возможность возникновения неравномерных осадок возводимых или существующих сетей и сооружений водоотведения.

Предельное давление нагнетания при закреплении грунтов инъекционными способами должно назначаться из условия исключения возможности разрывов сплошности закрепляемого грунта.

Проектирование искусственного замораживания грунтов.
Искусственное замораживание грунтов следует предусматривать для устройства временных ледогрунтовых ограждений котлованов при строительстве заглубленных сооружений систем водоотведения в водонасыщенных, неустойчивых и трещиноватых скальных грунтах.

Для искусственного замораживания грунтов применяются холодильные установки с использованием в качестве хладагента аммиака. В обоснованных случаях допускается использовать фреон и жидкий азот.

Искусственное замораживание грунтов производят холодоносителем (рассолом), циркулирующим в рассолопроводах и замораживающих колонках.

Вид, концентрация и температура холодоносителя должны определяться в зависимости от температуры, засоленности и скорости движения подземных вод. Как правило, в качестве холодоносителя используется водный раствор хлористого кальция.

Толщину стен и объем ледогрунтового ограждения, а также мощность холодильной установки определяют статическими и теплотехническими расчетами в зависимости от размеров и очертания котлована и физико-механических характеристик замороженного грунта.

Скважины для замораживающих колонок располагаются по контуру котлована с шагом 1,0-1,5 м. Расстояние между рядами скважин при их многорядном расположении принимается равным 2-3 м.

Расстояние от оси скважины до внутренней грани ледогрунтового ограждения следует принимать равным 0,6 расчетной толщины ледогрунтового ограждения. Скважины должны быть заглублены в водоупорный слой грунта не менее, чем на 3 м. При отсутствии водоупорного слоя образуется искусственный водоупорный слой специальными способами (например, цементацией или замораживанием грунта по всей площади котлована). Толщина водоупорного слоя должна быть определена расчетом на возможный прорыв подземных вод.

Для наблюдения за процессом замораживания устраиваются контрольные скважины – гидрогеологические и термометрические. Количество и места их расположения определяются в зависимости от инженерно-геологических условий.

Работа замораживающей станции и подача холодоносителя в замораживающие колонки должна быть непрерывной в течение всего периода активного замораживания грунта. После создания ледогрунтового ограждения работа замораживающей станции должна обеспечить его сохранение до окончания возведения заглубленных сооружений систем водоотведения.

В проекте должна быть предусмотрена защита существующих сооружений и коммуникаций (теплоизоляция, перекладка коммуникаций и пр.), попадающих в зону влияния ледогрунтового ограждения.

Проектирование водопонижения. При проектировании искусственного понижения уровня подземных вод (водопонижения) для защиты заглубленных (песколовки, первичные и вторичные отстойники, аэротенки и др.) и подземных сооружений (водоотводящие сети и сооружения на них), а также котлованов в периоды строительства и эксплуатации применяются водоотлив, дренаж, водопонизительные скважины и иглофильтры.

При проектировании водопонижения необходимо учитывать возможное изменение режима подземных вод, условий поверхностного стока в строительный и эксплуатационный периоды, места сброса подземных вод, химический состав подземных вод и влияние понижения их уровня на окружающую среду и существующие сооружения, сроки и технологию строительных работ.

При водопонижении должны предусматриваться меры, препятствующие ухудшению строительных свойств грунтов в основании сооружения и нарушению устойчивости откосов выработки.

В котлованах и траншеях предусматриваются канавки и лотки для сбора поступающих в выработки подземных и поверхностных вод и отвода их к зумпфам (водоприемникам) с последующей их откачкой на поверхность. Канавки и зумпфы располагают за пределами основания сооружения. При необходимости их расположения в пределах основания, они должны быть укреплены и защищены от размыва. Траншейный дренаж допускается устраивать на свободных от застройки территориях.

Закрытый беструбчатый дренаж (траншеи, заполненные фильтрующим материалом) предусматривают для кратковременной эксплуатации (на оползневых склонах в период осуществления мероприятий по их стабилизации, в котловане в период строительства сооружения и т.п.).

Трубчатый дренаж следует предусматривать в грунтах с коэффициентом фильтрации $K \geq 2$ м/сут. Допускается его применение и при $K < 2$ м/сут в строительном водопонижении и в сопутствующих дренажах тоннелей, каналов и других устройств для коммуникаций, если опытным путем доказана его эффективность.

Устройство дренажей в виде подземных галерей (проходных и полупроходных) допускается.

Вакуумный дренаж применяется в грунтах с коэффициентом фильтрации менее 2 м/сут.

Водопонизительные скважины (открытые и герметические, оборудованные насосами, сквозные фильтры, самоизливающиеся и водопоглощающие) следует предусматривать как для водопонижения эксплуатационного периода, так и для водопонижения во время строительства.

Иглофильтры применяются, как правило, в системах строительного водопонижения.

Электроосушение применяется в слабопроницаемых грунтах, имеющих коэффициенты фильтрации менее 0,1 м/сут.

Воды от водопонизительных систем при невозможности их использования следует отводить, самотеком в существующие водостоки или к отведенным местам сброса.

Допускается не учитывать просадочные свойства грунтов при проектировании сетей и сооружений водоотведения в случаях, исключающих возможность замачивания основания в течение всего срока эксплуатации объекта.

При проектировании водоотводящих сетей и сооружений, предназначенных для строительства на площадках с грунтовыми условиями I типа по просадочности, следует, предусматривать полное устранение просадочных свойств грунтов в пределах верхней зоны просадки или полную прорезку просадочной толщи свайными или другими фундаментами. При этом

проектирование конструкций сооружений и сетей производят как на обычных непросадочных грунтах без дополнительных конструктивных и водозащитных мероприятий.

При проектировании водоотводящих сетей и сооружений, предназначенных для строительства на площадках с грунтовыми условиями II типа по просадочности, в целях уменьшения деформаций оснований применяют, полное устранение просадочных свойств грунтов в пределах всей просадочной толщи либо ее прорезку глубокими фундаментами, в том числе свайными или закрепленными массивами грунта.

Размеры, несущую способность уплотненных, закрепленных массивов грунта, а также свайных фундаментов при полной прорезке просадочных толщ следует назначать с учетом сил отрицательного трения, возникающих при просадке окружающих грунтов от их собственного веса.

При невозможности или нецелесообразности (по технико-экономическим показателям) полного устранения просадочных свойств грунтов II типа по просадочности либо полной их прорезки фундаментами, необходимо применять комплекс мероприятий. Объем и состав строительных мер защиты при этом определяются из расчета конструкций сооружений и трубопроводов, сооружений на воздействие неравномерных деформаций основания от просадки грунтов.

Системы водоотведения в районах с вечномерзлыми грунтами. Водоотводящие сети и сооружения транспортируют и содержат большие объёмы теплой воды, в связи с этим основания и фундаменты сетей и сооружений систем водоотведения, возводимых на территории распространения вечномерзлых грунтов, проектируются на основе результатов специальных инженерно-геокриологических (инженерно-геологических, мерзлотных и гидрогеологических) изысканий с учетом конструктивных и технологических особенностей проектируемых сетей и сооружений, их теплового и механического взаимодействия с вечномерзлыми грунтами

оснований и возможных изменений геокриологических условий в результате строительства и эксплуатации сооружений и освоения территории, устанавливаемых по данным инженерных изысканий и теплотехнических расчетов оснований.

Выбор строительных площадок и проектных решений оснований и фундаментов сетей и сооружений водоотведения на вечномёрзлых грунтах необходимо производить на основании технико-экономического сравнения возможных вариантов с оценкой по приведенным затратам с учетом надежности, с учетом местных условий строительства, требований к охране окружающей среды, а также имеющегося опыта проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных условиях.

Проектирование оснований и фундаментов на вечномёрзлых грунтах должно включать расчет теплового режима грунтов оснований, а также выбор и расчет устройств и мероприятий, обеспечивающих соблюдение установленного расчетом теплового режима грунтов в основании сооружения в процессе его строительства и эксплуатации. Тепловой режим грунтов основания и необходимые для его соблюдения требования к правилам эксплуатации сооружения входят в состав проектной документации сооружения, передаваемой эксплуатирующей организации.

Соответствие состояния грунтов основания и фундаментов проектным требованиям при сдаче сооружения в эксплуатацию должно быть подтверждено результатами натурных наблюдений, выполненных в период строительства согласно программе. При сдаче построенных сооружений эксплуатирующей организации должны быть переданы план расположения наблюдательных скважин, нивелировочных реперов и марок и программа дальнейших наблюдений.

Подразделение и наименование разновидностей вечномёрзлых грунтов следует производить в соответствии с ГОСТ 25100–95 с учетом особенностей их физико-механических свойств как оснований сооружений.

По особенностям физико-механических свойств среди вечномерзлых грунтов выделяются сильнольдистые, засоленные и биогенные (заторфованные) грунты, а также твердомерзлые, пластичномерзлые и сыпучемерзлые грунты.

Подразделение грунтов на твердомерзлые, пластичномерзлые и сыпучемерзлые при проектировании оснований и фундаментов водоотводящих систем производится в зависимости от их состава, температуры и степени влажности с учетом сжимаемости под нагрузкой.

Твердомерзлое или пластичномерзлое состояние засоленных и биогенных грунтов устанавливают только по данным опытного определения коэффициента их сжимаемости.

Необходимые для расчета оснований и фундаментов физические и деформационно-прочностные характеристики вечномерзлых грунтов определяют, как правило, на основании непосредственных полевых или лабораторных испытаний.

В состав определяемых для расчета вечномерзлых оснований физических и механических характеристик грунтов помимо характеристик, предусмотренных СП 32.13330.2012, должны дополнительно входить:

- а) физические и теплофизические характеристики мерзлых грунтов;
- б) деформационные и прочностные характеристики грунтов для расчета мерзлых оснований по деформациям и несущей способности;
- в) деформационные характеристики грунтов для расчета оттаивающего основания по деформациям;
- г) характеристика грунтов слоя сезонного промерзания - оттаивания для расчета оснований и фундаментов на воздействие сил морозного пучения грунтов, а также характеристики мерзлых грунтов для расчета оснований на горизонтальные статические и сейсмические воздействия.

При необходимости следует определять и другие характеристики мерзлых грунтов, характеризующие особенности их состояния или

взаимодействия с основаниями и фундаментами. Нормативные значения характеристик грунта следует устанавливать для выделенных при изысканиях инженерно-геологических элементов на основании статистической обработки результатов экспериментальных определений.

Использование вечномерзлых грунтов в качестве оснований для систем водоотведения. При строительстве систем водоотведения на вечномерзлых грунтах в зависимости от их конструктивных и технологических особенностей, а также инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправленного изменения свойств грунтов основания применяется один из следующих принципов использования вечномерзлых грунтов в качестве основания сооружений:

принцип I– вечномерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения;

принцип II– вечномерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения).

Принцип I следует применять, если грунты основания можно сохранить в мерзлом состоянии при экономически целесообразных затратах на мероприятия, обеспечивающие сохранение такого состояния. На участках с твердомерзлыми грунтами, а также при повышенной сейсмичности района проектируют, как правило, использование вечномерзлых грунтов по принципу I.

Принцип II применяется при наличии в основании скальных или других малосжимаемых грунтов, деформации которых при оттаивании не превышают предельно допустимых значений для проектируемого сооружения, при несплошном распространении вечномерзлых грунтов, а также в тех случаях, когда по техническим и конструктивным особенностям сооружения и

инженерно-геокриологическим условиям участка при сохранении мерзлого состояния грунтов основания не обеспечивается требуемый уровень надежности строительства.

Выбор принципа использования вечномерзлых грунтов в качестве основания сооружений систем водоотведения, а также способов и средств, необходимых для обеспечения принятого в проекте температурного режима грунтов, следует производить на основании сравнительных технико-экономических расчетов.

В пределах застраиваемой территории надлежит предусматривать один принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований. Это требование следует учитывать также при проектировании новых и реконструкции существующих систем водоотведения на застроенной территории, размещении временных зданий и прокладке инженерно-технических сетей.

Применение разных принципов использования вечномерзлых грунтов в пределах застраиваемой территории (с учетом строительства сетей водоотведения, водо- и теплоснабжения) допускается на обособленных по рельефу и другим природным условиям участках, а в необходимых случаях – на природно-необособленных участках, если предусмотрены и подтверждены расчетом специальные меры по обеспечению расчетного теплового режима грунтов в основании соседних зданий, возведенных (или возводимых) по принципу I (резервирование зон безопасности, устройство мерзлотных и противодиффузионных завес и т. п.).

Самотечные и напорные трубопроводы допускается проектировать с применением на отдельных участках трассы разных принципов использования вечномерзлых грунтов в качестве основания. При этом следует предусматривать меры по приспособлению их конструкций к неравномерным деформациям основания в местах перехода от одного участка к другому.

При проектировании сетей и сооружений систем водоотведения решаются следующие вопросы:

- схемы водоотведения; категория водоема для сброса очищенных сточных вод;
- расход сточных вод;
- методы очистки;
- состав и параметры очистных сооружений;
- места расположения сооружений;
- методы строительства с учетом свойств вечномёрзлых грунтов;
- способы прокладки самотечных и напорных трубопроводов;
- стоимость строительства;
- возможность применения типовых проектов;
- привязка типовых проектов к местным условиям.

Схемы водоотведения проектируются с отдельным отведением хозяйственно-бытовых и дождевых вод, при этом предусматривается совместное отведение хозяйственно-бытовых и производственных стоков.

При трассировке сетей следует максимально использовать рельеф местности, учитывая гидрогеологические и мерзлотные условия, степень благоустройства территорий, плотность и характер застройки, необходимо также предусматривать сбор сточных вод от возможно большего количества жилых домов и промышленных объектов, чтобы получить равномерный в течение суток и значительный расход стоков, начиная с первых участков водоотводящей сети. Для этого к начальным участкам сети желательно присоединять объекты с большим водоотведением (пром. предприятия, бани, прачечные и др.), а также предусматривать двустороннее присоединение объектов к уличным коллекторам.

Рекомендуются как отдельная, так и совместная прокладка водоотводящих и водопроводных сетей в вечной мерзлоте (рис. 4.18).

Проектирование и строительство водоотводящих сетей осуществляется либо с сохранением вечномерзлого состояния грунтов, либо с допущением оттаивания грунтов в зоне теплового воздействия трубопроводов.

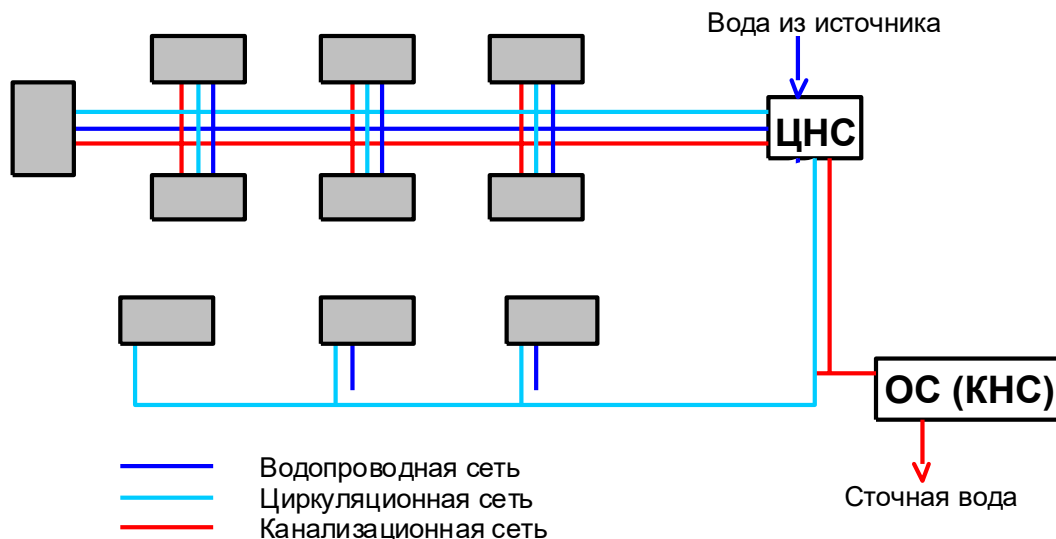


Рис. 4.18. Схема водоотводящей и тупиковой водопроводной сети с рециркуляцией воды: ЦНС – циркуляционная насосная станция; ОС (КНС) – очистные сооружения водоотведения или канализационная насосная станция.

Оттаивание вечномерзлых грунтов допускается в том случае, когда они характеризуются незначительными осадками при переходе в талое состояние.

Раздельная прокладка водоотводящих сетей осуществляется следующими способами:

- подземным – в траншеях или каналах (проходных, полупроходных, непроходных);
- наземным – на подсыпке с обваловкой (в земляных валиках);
- надземным – по эстакадам, мачтам и др.

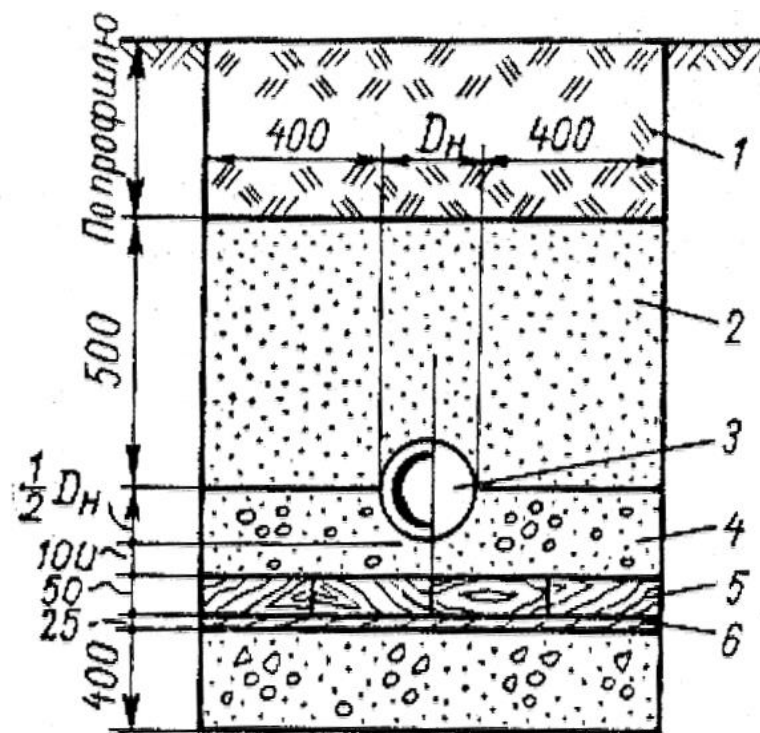


Рис. 4.19. Подземная прокладка трубопровода на комбинированном основании:
 1 - местный грунт; 2 - крупнозернистый песок; 3 - трубопровод; 4 - оптимальная смесь; 5 - горбыль деловой (сплошной настил); 6 - поперечный настил из горбыля через 3 м

Прокладка самотечных трубопроводов производится, главным образом, подземным способом. Одиночная подземная прокладка водоотводящих трубопроводов непосредственно в грунте осуществляется в непросадочных или малопросадочных при оттаивании грунтах или же в просадочных и льдонасыщенных грунтах с заменой их в основании трубопровода или с устройством другого типа основания. Выбор типа основания под трубопроводы зависит от несущей способности грунта и обосновывается технико-экономическими расчетами.

При прокладке самотечных трубопроводов в зоне деятельного слоя (слой сезонного оттаивания и замерзания вечномерзлого грунта) минимальная глубина заложения трубопроводов, исключая их механическое повреждение при движении транспорта и различных работах, принимается равной 0.7 м до верха трубы.

Максимальное заглубление самотечных трубопроводов определяется с учетом обеспечения их устойчивости, которая зависит от интенсивности теплового воздействия трубопроводов на окружающие вечномерзлые грунты.

Прокладка напорных водоотводящих трубопроводов может осуществляться подземным, наземным и надземным способами. Напорные водоотводящие трубопроводы устраиваются в основном за пределами городской застройки, на территории промышленных предприятий, а также при транспортировании сточных вод на более высокие по рельефу отметки и при преодолении естественных и искусственных препятствий.

За пределами городской застройки наиболее часто применяется наземная прокладка водоотводящих трубопроводов на земляных призмах, в земляных валиках или надземная – на лежневых и свайных опорах.

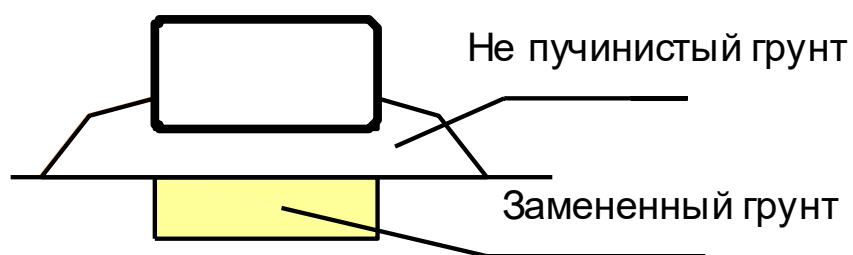


Рис. 4.20. Наземный канал на земляных призмах.



Рис. 4.21. Наземная в валике на естественном основании

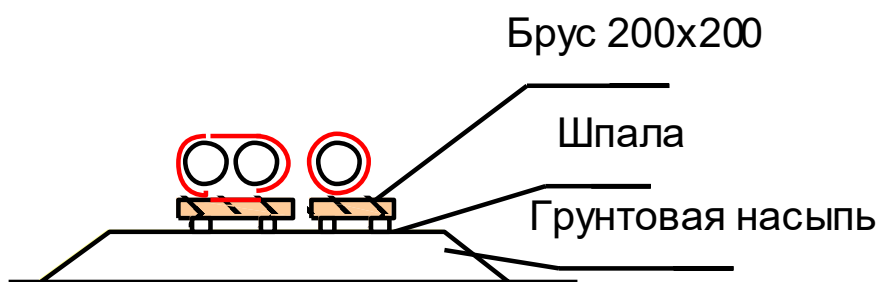


Рис. 4.22. Наземная совмещенная на лежневых опорах

При подземной (непосредственно в грунте) и наземной (в земляном валике) прокладках водоотводящие трубопроводы, не теплоизолируются, при других способах и типах прокладки теплоизоляция трубопроводов обязательна.

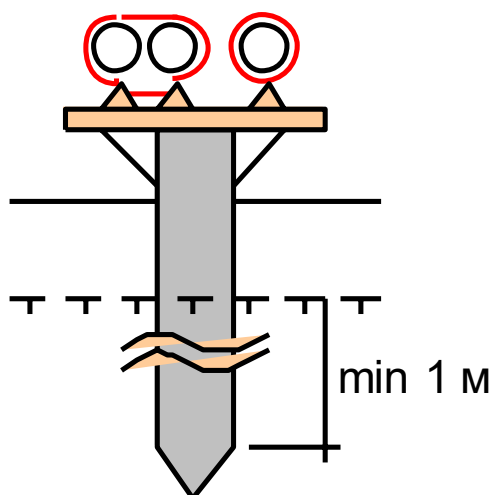


Рис. 4.23. Надземная на свайных опорах

Сооружения на водоотводящей сети – колодцы и камеры, камеры – будки, камеры – тепловые центры, переходы через естественные и искусственные препятствия.

Колодцы и камеры применяются при одиночных и совместных прокладках трубопроводов. Колодцы выполняются из монолитного или сборного железобетона или других материалов с обеспечением водонепроницаемости стенок и днища.

Таблица 4.8.

Строительная классификация мерзлых грунтов для линейных сооружений

Наименование и состав грунта	Влажность мерзлого грунта, %			
	I категории непросадочн ые	II категории малопросадочн ые	III категории просадочные	IV категории сил ьно просадочные
Гравийно-галечниковые и щебенисто-дресвяные с примесью: песка	<5–9	9-15	>15	-
супеси или суглинка до 25%	<9–13	13-17	>17	-
до 50%	<11–16	16-20	>20	-
Пески	<15 – 17	17-25	>25	-
Супеси: легкие	<11-13	13-23	23-53	>53
тяжелые	<14-16	16-25	25-56	>56
Суглинки: легкие и средние	<17-20	20-28	28-60	>60
тяжелые	<21-23	23-35	35-66	>66
Глины	<25	25-40	40-75	>75

Примечания: 1. К I б категории относятся все грунты, содержащие в верхних горизонтах подземный лед толщиной более 10 см. 2. Строительная классификация мерзлых грунтов для проектирования и строительства линейных сооружений (трубопроводов, дорог и др.) рекомендована канд. техн. наук А.Л. Ястребовым и используется в практике проектирования.

В колодцах на водоотводящей сети вместо открытых лотков устанавливаются закрытые ревизии. При сооружении колодцев в грунтах III или I категорий (табл. 4.8) необходимо производить замену грунта в их основании на непросадочный и непучинистый. Глубина заменяемого слоя определяется

расчетом. В грунтах II категории высота слоя заменяемого грунта принимается равной 0.5 м.

Во избежание выдавливания грунта и разрушения колодцев и камер силами морозного пучения рекомендуется производить обратную засыпку пазух непучинистыми грунтами, устраивать вокруг колодца и под ним гидроизоляцию из глинобетона толщиной 30 см и отводить от колодцев поверхностные воды. Вокруг люка устраивается асфальтовая или булыжная отмостка радиусом не менее 1.5 м с уклоном 0.02. В местах прохода трубы через стенки колодца и камер следует предусмотреть мягкие сопряжения.

В наземных и надземных колодцах на сплошной подсыпке или на отдельных опорах колодцы устраиваются открытыми; стенки колодцев теплоизолируются с внутренней стороны. При надземной бесканальной прокладке трубопроводов диаметром до 200 мм устраиваются деревянные камеры-колодцы. Такие же колодцы можно устраивать на проходных каналах мелкого заложения для управления арматурой и организации ремонтов через люки или сменные крышки камер. Камеры-будки применяются при надземной прокладке нескольких трубопроводов диаметром более 200 мм и оборудуются постоянными подъемными механизмами.

Камеры - тепловые сети используются для хранения в них аварийного запаса материалов, арматуры и инструментов. Радиус обслуживания из камер не должен превышать 300-500 м. В камерах следует предусматривать теплоизоляцию арматуры и организованный отвод аварийных вод.

Переходы трубопроводов через естественные (овраги, ложбины, водотоки) и искусственные (улицы, автомобильные и железные дороги) препятствия могут осуществляться надземной прокладкой по мачтам, эстакадам, свайным, ряжевым и подвесным опорам и подземной прокладкой в каналах или футлярах (кожухах). Рабочая труба и футляр теплоизолируются. На переходах по обе стороны дороги или другого препятствия устанавливают колодцы или камеры, в которых располагаются задвижки и закрытые ревизии.

В этих же камерах устраивают вентиляционные шахты и водосборные приемки. Каналы, сооружаемые под улицами и дорогами, строятся из монолитного или сборного железобетона.

Совмещенная прокладка трубопроводов водоотведения с сетями другого назначения по сравнению с одиночной прокладкой более экономична; она способствует рациональному использованию территории застройки, повышению надежности работы сетей и улучшению условий их эксплуатации. Совмещенная прокладка трубопроводов может осуществляться непосредственно в грунте, на низких опорах, а также в подземных, наземных и надземных каналах.

Совмещенная подземная прокладка в грунте трубопроводов водоотведения и водоснабжения целесообразна в непосредственной близости от канала тепловой сети. При этом водопроводный и водоотводящий трубопроводы должны размещаться по противоположным сторонам канала.

Расстояние между трубопроводами и стенками канала в плане не должно превышать 0,3–0,5 м. Это расстояние может быть увеличено по условиям производства монтажных работ и размещения колодцев. При прокладке трубопроводов водоотведения и водоснабжения в одной траншее водопроводная сеть должна прокладываться выше водоотводящей сети, которая укладывается в слой глинобетона.

Совмещенная полузаглубленная прокладка трубопроводов осуществляется в основном в непроходных каналах, перекрытия которых располагаются над поверхностью земли. Водопровод и тепловые сети в них прокладываются в кольцевой теплоизоляции, водоотводящие трубопроводы без теплоизоляции. При необходимости, подтвержденной тепловыми расчетами, допускается прокладка водопровода в общей тепловой изоляции с обратным трубопроводом теплоснабжения.

Полузаглубленную прокладку в непроходных каналах целесообразно применять в условиях высокотемпературных вечномерзлых грунтов или при

высоком уровне грунтовых вод. Она может быть рекомендована для прокладки внутриквартальных сетей в городах и для уличных сетей в поселках. При этом перекрытие непроходного канала будет служить пешеходной дорожкой или тротуаром. В таких случаях колодцы могут быть вынесены за пределы тротуара. Для предотвращения скопления воды в колодцах их днища рекомендуется размещать на одном уровне с дном канала. Колодцы оборудованы утепленными откидными крышками. В местах пересечения каналов с проездами перекрытия каналов усиливают или устраивают специальные проезды через них.

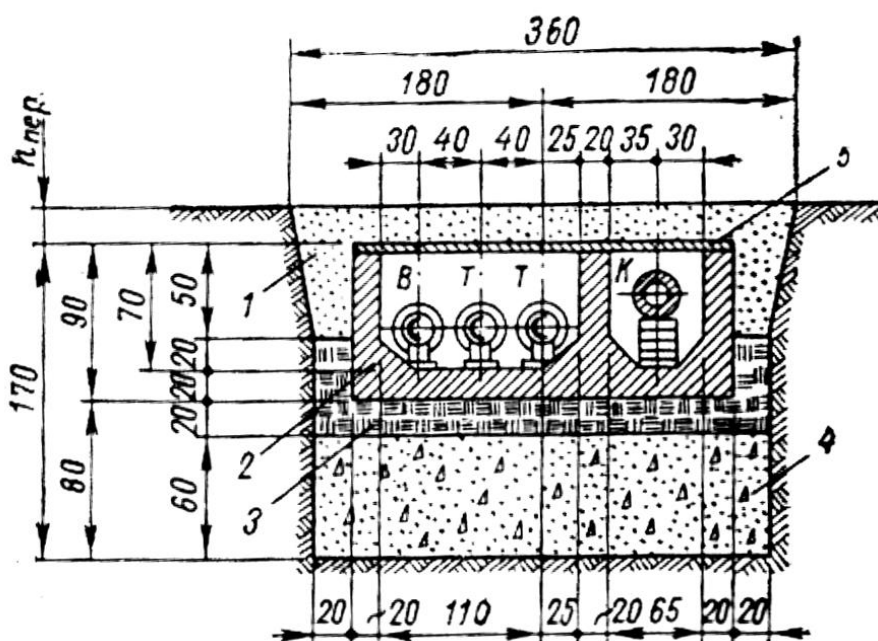


Рис. 4.24 Непроходной двухсекционный железобетонный канал:
В – водопровод; Т – теплотрасса; К – водоотводящая сеть; 1 – местный грунт; 2 – железобетонный канал, 3 – глинобетон, 4 – замененный грунт; 5 – съемные железобетонные плиты

Совмещенную прокладку трубопроводов в каналах рекомендуется применять: при компактной застройке многоэтажными зданиями; в особо неблагоприятных мерзлотно-грунтовых условиях, при которых отдельная прокладка усложняет и удорожает строительство и эксплуатацию трубопроводов по сравнению с совмещенной. Используются следующие виды каналов: непроходные одно или двухсекционные проходные одно- или двухъярусные с непроходным или полупроходным верхним ярусом и

полупроходные. На рис. 4.25 показано сечение одноярусного проходного канала с вентиляционными шахтами.

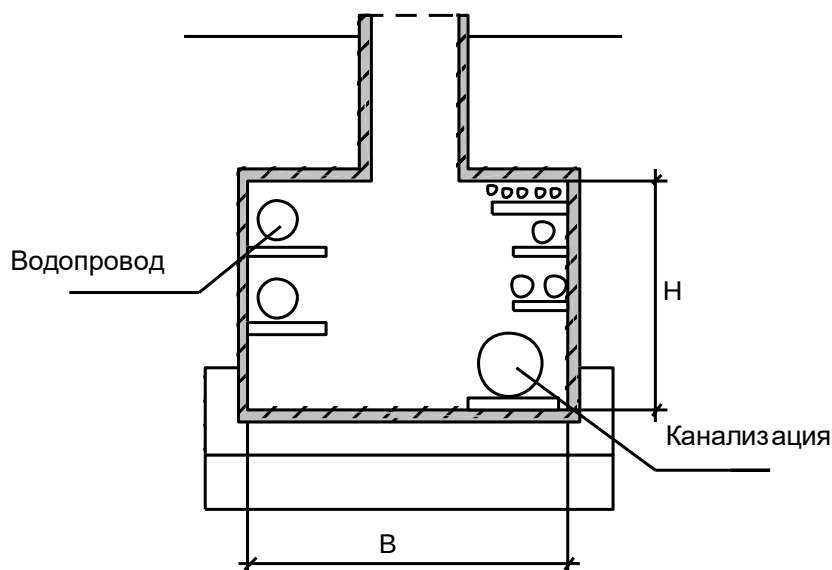


Рис. 4.26. Сечение одноярусного проходного канала с вентиляционными шахтами:

Непроходные подземные каналы высотой до 0,9 м рекомендуется применять в основном на участках небольшой протяженности – при переходах через дороги, на вводах в здания и т.д. Глубина заложения каналов принимается не менее 0,5–0,7 м до перекрытия. Перекрытие должно быть съемным для очистки каналов, осмотра и ремонта трубопроводов. Продольный уклон для обеспечения отвода воды по дну должен быть не менее 0,007.

Полупроходные каналы высотой 1,5 м и проходные каналы высотой 1,8 м и более применяются при совместной прокладке сетей различного назначения в городах и крупных поселках городского типа при необходимости обеспечения высокой степени благоустройства территории. Магистральные каналы должны прокладываться с продольным уклоном не менее 0,002, обеспечивающим отведение аварийных, сбросных или грунтовых (намерзлостных) вод по дну канала. Эти воды должны отводиться в пониженные участки местности за пределы населенного пункта или сбрасываться в канализационную сеть. Для отведения воды в днище канала предусматривается лоток. При уклоне канала,

не обеспечивающем отвод воды в место сброса (при плоском рельефе местности), в дне канала устраиваются промежуточные водосборники (приямки) с тщательной гидроизоляцией. Вода из приямков перекачивается передвижными или стационарными насосами в водоотводящую сеть.

Чрезвычайно важно предотвратить или ограничить приток грунтовых вод в основание канала. Для этого целесообразно предусмотреть в нижней части канала специальные дренажные отверстия с металлическими трубками, по которым намерзлотные воды будут попадать в канал.

Устойчивость каналов кроме этого обеспечивается заменой просадочных и льдонасыщенных грунтов в основании, устройством гидроизоляционного слоя из глинобетона, а также поддержанием возможно низких температур путем вентилирования каналов. Вентиляция каналов может быть естественной или принудительной в зависимости от климатических и мерзлотно-грунтовых условий. Использование принудительной вентиляции должно быть обосновано экономическими, тепловыми и статическими расчетами. Естественная вентиляция каналов осуществляется через специальные вентиляционные шахты, устанавливаемые через 15...20 м по длине канала. Вытяжные шахты целесообразно размещать над камерами с большим количеством арматуры на трубопроводах, над пунктами теплового контроля и т.п. Устья вентиляционных шахт должны возвышаться над поверхностью земли не менее чем на 0,4 м. В приточных и вытяжных отверстиях шахт необходимо предусматривать регулирующие заслонки. Для повышения вентиляционного эффекта над вытяжными шахтами устанавливаются дефлекторы. Естественная вентиляция может быть также увеличена за счет устройства вытяжных шахт в зданиях, расположенных вблизи каналов. С целью уменьшения количества вытяжных шахт можно устраивать устья вытяжек в нижней части опор уличных светильников. Устья вентиляционных шахт должны быть защищены от заносов снегом и завалов мусором.

Наземная совмещенная прокладка трубопроводов применяется в тех же случаях, что и одиночная прокладка. Она осуществляется в основном в непроходных каналах на гравийной, песчаной или грунтовой подсыпке. При этом грунт должен быть непросадочным и непучинистым и его следует отсыпать по естественному покрову земли или по замененному грунту. Высота и вид подсыпки зависят от уклона трубопроводов (канала), рельефа местности, состояния поверхности земли, возможности отведения от насыпи поверхностных вод, размеров и массы канала с трубопроводами, характера грунтов в основании.

Надземная совмещенная прокладка трубопроводов применяется в тех же случаях и осуществляется теми же способами, что надземная прокладка одиночных трубопроводов. Наиболее простой и экономичной является прокладка трубопроводов на низких лежневых деревянных опорах. При совмещенной бесканальной прокладке нескольких трубопроводов различных диаметров не рекомендуется устраивать под ними общие лежневые опоры, так как при разной нагрузке от трубопроводов такие опоры могут иметь неравномерную осадку. Прокладывать трубопроводы следует на отдельных опорах.

В условиях просадочных, льдонасыщенных и пучинистых вечно-мерзлых грунтов надземную прокладку трубопроводов выполняют на свайных опорах, заанкеренным в вечноммерзлый грунт. При надземной и наземной совмещенных прокладках каждый трубопровод теплоизолируется.

Глубина заложения фундаментов (основания очистных сооружений водоотведения), считая от уровня планировки (подсыпки или срезки) назначается с учетом требований СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений (СНиП 2.02.01-83) и принятого принципа использования вечноммерзлых грунтов в качестве основания сооружения и должна проверяться расчетом по устойчивости фундаментов на действие сил морозного пучения грунтов. При использовании вечноммерзлых грунтов в качестве основания по

принципу I минимальную глубину заложения фундаментов d_{min} необходимо принимать по табл. 4.9 в зависимости от расчетной глубины сезонного оттаивания грунта d_{th} .

Таблица 4.9

Минимальная глубина заложения фундаментов	
Фундаменты	Минимальная глубина заложения фундаментов d_{min} , м
Фундаменты всех типов, кроме свайных	$d_{th} + 1$
Свайные фундаменты сооружений систем водоотведения	$d_{th} + 2$
Сваи опор мостов	$d_{th} + 4$
Фундаменты сооружений водоотведения, возводимых на подсыпках	Не нормируется

При использовании вечномерзлых грунтов в качестве основания по принципу II минимальную глубину заложения фундаментов d_{min} следует принимать в зависимости от расчетной глубины сезонного промерзания грунта и уровня подземных вод, который принимается с учетом образования под сооружением зоны оттаивания грунта.

Допускается прокладывать водоотводящие трубопроводы и закладывать фундаменты сооружений водоотведения в слое сезонного промерзания—оттаивания грунта, если это обосновано расчетом.

При проектировании оснований емкостных сооружений на вечномерзлых грунтах по принципу 1 следует учитывать, что для сохранения мерзлого состояния грунтов основания и обеспечения их расчетного теплового режима необходимо предусматривать: устройство холодных (вентилируемых) каналов; укладку в основании сооружения охлаждающих труб, каналов или применение вентилируемых фундаментов; установку сезонно действующих охлаждающих устройств жидкостного или парожидкостного типов – СОУ, а также осуществление других мероприятий по устранению или уменьшению теплового воздействия сооружения на мерзлые грунты основания.

Выбор одного или сочетания указанных мероприятий должен производиться на основании теплотехнического расчета с учетом конструктивных и технологических особенностей сооружений систем водоотведения, опыта местного строительства и экономической целесообразности.

Охлаждающие трубы или каналы, а также вентилируемые фундаменты можно устраивать с естественной или побудительной вентиляцией и их следует преимущественно применять для сохранения мерзлого состояния грунтов в основании сооружений с полами по грунту, при устройстве малозаглубленных или поверхностных фундаментов на подсыпках. Охлаждающие трубы, каналы и вентилируемые фундаменты укладывают выше уровня подземных вод, в пределах подсыпки из непучинистого грунта с уклонами в сторону объединительных коллекторов. Для уменьшения теплопритока в грунт и высоты подсыпки под полами или днищами сооружений предусматривают укладку тепло- и гидроизоляции.

Мероприятия по инженерной подготовке территории, обеспечивающие соблюдение расчетного гидрогеологического и теплового режима грунтов основания и предотвращение эрозии, развития термокарста и других физико-геологических процессов, приводящих к изменению проектного состояния грунтов в основании сооружений при их строительстве и эксплуатации, а также к недопустимым нарушениям природных условий окружающей среды должны быть предусмотрены в проекте устройства оснований сооружений систем водоотведения.

При высоком уровне подземных вод необходимо предусматривать меры по предотвращению обводнения сооружений систем водоотведения: поднятие уровня планировочных отметок, устройство дренажа, противифльтрационные завесы и т. п.

В составе мероприятий по инженерной подготовке территории должны быть предусмотрены природоохранные мероприятия, направленные на

восстановление нарушенных в процессе строительства природных условий, в том числе мероприятия по рекультивации и восстановлению почвенно-растительного слоя, засыпке выемок, траншей и карьеров, выравниванию и одернованию склонов и откосов, а также по предупреждению развития эрозии, термокарста и процессов размыва грунта.

Для обеспечения устойчивости и эксплуатационной пригодности сооружений при прокладке наружных самотечных и напорных сетей систем водоотведения необходимо предусматривать тот же принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований, который принят для сооружений, размещаемых на данной территории застройки. Применение различных принципов допускается при условии прокладки сетей, в каналах на таком расстоянии от сооружений, при котором не произойдет изменения расчетных температур их оснований.

Выпуски водоотводящих сетей в зданиях или сооружениях промышленного или гражданского назначения и прокладку этих сетей в подпольях и технических этажах осуществляют по тому же принципу использования вечномерзлых грунтов, что был принят для данного здания или сооружения. Конструкция канализационных выпусков должна быть такой, чтобы при использовании вечномерзлых грунтов в качестве основания по принципу I исключалась возможность местного оттаивания грунтов или повышения (против установленной в проекте) их расчетной температуры, а при использовании грунтов в качестве основания по принципу II – ускоренного местного оттаивания и, как следствие, увеличенной неравномерности деформации основания фундаментов.

При проектировании оснований и фундаментов водоотводящих сетей и сооружений на засоленных вечномерзлых грунтах необходимо иметь данные об условиях залегания засоленных грунтов, степени их засоленности, а также о химическом составе водно-растворимых солей.

Засоленные вечномерзлые грунты могут использоваться в качестве основания сетей и сооружений, но при этом следует учитывать повышенное коррозионное воздействие засоленных грунтов на материал оснований и труб.

При строительстве на засоленных грунтах должны быть использованы фундаменты, обеспечивающие наиболее полное использование сопротивления мерзлых грунтов нормальному давлению (столбчатые и ленточные фундаменты, сваи с уширенной пятой и др.). При буро-опускном способе погружения свай диаметр скважины должен быть не менее чем на 10 см больше поперечного сечения сваи и заполняться, известково-песчаным или цементно-песчаным раствором. Под нижним концом сваи следует устраивать уплотненную подушку из щебня.

При расчетных деформациях оснований, сложенных мерзлыми засоленными грунтами, больше предельных или недостаточной несущей способности основания предусматривают частичную или полную замену засоленных грунтов на незасоленные, дополнительное понижение температуры грунтов, прорезку засоленных слоев грунта глубокими фундаментами, устройство фундаментов на подсыпках, распределяющих нагрузки на мерзлые грунты оснований и другие мероприятия.

При проектировании оснований и фундаментов сооружений систем водоотведения на вечномерзлых грунтах в сейсмических районах с расчетной сейсмичностью от 7 до 9 баллов следует предусматривать использование вечномерзлых грунтов в качестве основания, по принципу I. При невозможности использования грунтов в качестве основания по принципу I допускается использование их по принципу II при условии опирания фундаментов на скальные или другие мало сжимаемые при оттаивании грунты или на предварительно оттаянные и уплотненные грунты.

По мерзлотным и сейсмическим условиям наиболее благоприятными для строительства сооружений водоотведения скальные и плотные грунты. При проектировании и строительстве емкостных сооружений водоотведения на

нескальных и неплотных основаниях следует предусматривать сохранение грунтов основания в естественном мерзлом состоянии. Емкостные сооружения водоотведения содержат большие объёмы теплой воды, поэтому для сохранения грунтов основания в мерзлом состоянии необходимо устраивать надежные гидро- и теплоизоляцию подземной части этих сооружений.

Тема 8. Насосные станции систем водоотведения

4.5. Насосные станции в системах водоотведения, особенности проектирования и устройства

Расположение насосных станций. Отвести воду к очистным сооружениям и обеспечить ее подачу на требуемую высоту или выпуск в водоем самотечными трубопроводами удастся сравнительно редко. Для этого возникает необходимость в перекачке сточных вод насосными станциями, которые по напорным трубопроводам транспортируют воду в заданные места и на требуемые высоты. Число насосных станций, места их расположения и параметры работы устанавливаются при разработке схем водоотведения, выполнении гидравлического расчета трубопроводов и построении их продольных профилей.

Определенные конкретные условия проектирования обычно допускают многообразие решений схем водоотведения, удовлетворяющих техническим и санитарным требованиям. Возможны решения с разным числом насосных станций и различным расположением их в схеме водоотведения, однако эти решения не будут однозначны в экономическом отношении. Выбор числа и мест расположения насосных станций производят одновременно с выбором схем водоотведения и на основании экономического сравнения нескольких вариантов схем. Экономическое сравнение вариантов производят по приведенным затратам на стадии выполнения технического проекта.

Эти схемы разрабатывают на основании подробного анализа условий проектирования. Хотя расчет сети на этом этапе проектирования еще не

возможен, разработка должна производиться с учетом экономических, экологических и санитарно-технических требований. Предварительный экономический анализ схем может производиться по соотношению укрупненных объемов строительных работ (соотношению длин и диаметров самотечных и напорных трубопроводов, глубин заложения самотечных трубопроводов или объемов земляных работ, числа и глубин подземных частей насосных станций и др.) и основных параметров работы насосных станций (перекачиваемых расходов воды, создаваемых напоров и др.).

Насосные станции систем водоотведения - это комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий отведение сточных вод в соответствии с нуждами потребителя. Насосные станции обеспечивают подачу сточных вод на очистные сооружения, если рельеф местности не позволяет отводить эти воды самотеком. Строительство насосных станций позволяет также избежать большого заглубления самотечных коллекторов.

Тип насосной станции водоотведения определяется:

- глубиной заложения подводящего коллектора;
- объемом сточных вод, поступающих на насосную станцию;
- видом перекачиваемой сточной жидкости; гидрогеологическими условиями строительства;
- типом устанавливаемых насосных агрегатов и способом их управления.

По роду перекачиваемой жидкости насосные станции водоотведения делятся на четыре группы: для перекачивания бытовых сточных вод, производственных сточных вод, атмосферных вод и осадков, образующихся на очистных сооружениях.

К насосным станциям, перекачивающим производственные стоки, предъявляется ряд требований, учитывающих агрессивность сточной жидкости по отношению к бетону, чугуну, стали. Также необходимо применять специальные насосы и устройства для периодической промывки установок чистой водой.

Насосные станции для перекачки атмосферных вод сооружают на сетях в тех случаях, когда отсутствует возможность их транспортировки самотеком к месту сброса.

Насосные станции для транспортировки осадков находятся в едином комплексе сооружений очистки сточной жидкости и обработки осадков. Они служат для перекачки сброшенного осадка и активного ила на сооружения для дальнейшей их обработки.

В зависимости от места расположения в общей схеме водоотведения города и выполняемых функций, станции могут быть:

- локальные - предназначены для транспортировки сточных вод от отдельно стоящих зданий, административно-хозяйственных помещений, домов индивидуальной застройки и т.п. в самотечные коллекторы;
- районные – осуществляют транспортировку сточных вод от жилых микрорайонов из лежащих ниже коллекторов в лежащие выше;
- главные – перекачивают сточную жидкость, отводимую со всей территории города на очистные сооружения.

Очень часто, необходимость строительства насосной станции диктуется рельефом местности и ограничением по глубине прокладки самотечных коллекторов водоотводящей сети. Для открытого способа производства работ по строительству водоотводящих сетей глубина заложения труб не должна превышать:

- в легких сухих грунтах - 7,5–8,0 м;
- при наличии подземных вод - 5,5–6 м;
- в скальных грунтах - 5,0 м.

На больших глубинах при сооружении трубопроводов возникают трудности и резко возрастает стоимость строительства, в связи с тем, что практически единственным вариантом строительства становится бестраншейная (закрытая) прокладка трубопроводов.

На рис. 4.27. представлены два варианта расположения главной насосной станции в схеме водоотведения города. При равной производительности насосных станций и практически одинаковых напорах преимущество одного из приведенных вариантов будет зависеть в основном от соотношения капитальных вложений. Необходимо иметь в виду, что второй вариант будет уступать первому варианту по надежности вследствие большой протяженности напорных трубопроводов.

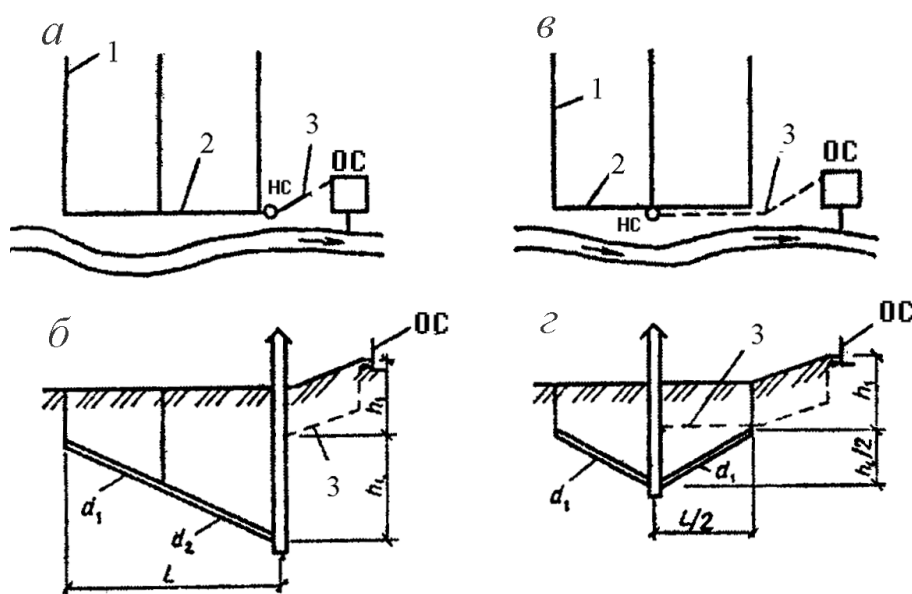


Рис. 4.27. Схемы водоотведения города с одной насосной станцией (а, в) и продольные профили главных коллекторов (б, г):
1 – коллектор; 2 – главный коллектор; 3 – напорный трубопровод

Опыт проектирования показывает, что лучшими экономическими показателями отличаются схемы с районными насосными станциями, расположенными в начальной части коллекторов. Это объясняется малой мощностью РНС и существенным снижением заглубления главных коллекторов и ГНС, обычно диктуемым начальными участками сети, имеющими большие уклоны.

Насосные станции и напорные трубопроводы достаточно часто выходят из строя, что требует значительных затрат на ремонт. Лишь сравнительно

высокий резерв оборудования, принимаемый при проектировании, позволяет обеспечивать бесперебойность работы систем водоотведения.

В системах водоотведения районные насосные станции также применяются для передачи сточной воды через какое-либо препятствие. Схемы такого применения представлены на рис. 4.28.

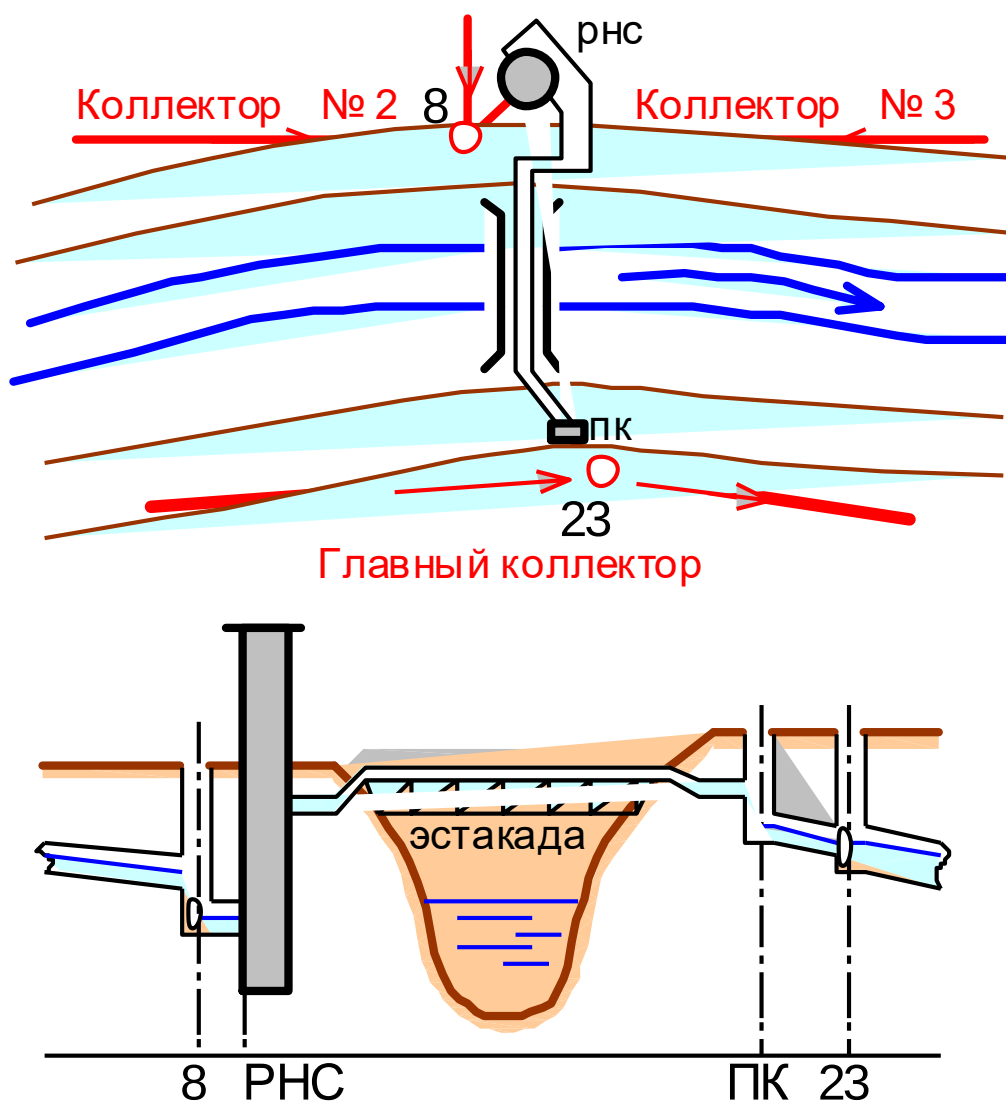


Рис. 4.28. Схема перекачки сточных вод из одного бассейна водоотводящей сети в другой: РНС – районная насосная станция, ПК – приемная камера (камера гашения напора), 8 и 23 – узловые точки водоотводящей сети.

В настоящее время еще не до конца разработаны обоснованные показатели надежности работы насосных станций и невозможна оценка систем

водоотведения с учетом надежности их работы. Однако, основываясь на предшествующем опыте, при проектировании сравнительно часто отдают предпочтение схемам с меньшим числом насосных станций, которые обладают повышенной надежностью. Опыт эксплуатации показывает, что достаточно трудно выработать конкретные рекомендации по выбору числа насосных станций и определению мест их расположения. Только тщательный анализ возможных условий проектирования выявит преимущества или недостатки того или иного решения.

При выборе места расположения насосных станций и их числа необходимо учитывать характеристики выпускаемых промышленностью насосов. Окончательно место расположения насосных станций должно уточняться с учетом гидрогеологических условий и планировки кварталов, очередности строительства системы водоотведения, размещения подводящих самотечных трубопроводов, аварийных выпусков, напорных трубопроводов и других соображений. Насосные станции надлежит располагать в отдельно стоящих зданиях на расстоянии не менее 20 м от жилых домов и пищевых предприятий при их производительности до 50 тыс. м³/сут и не менее 30 м при большей производительности. По периметру территории насосных станций необходимо предусматривать защитные зеленые насаждения шириной не менее 10 м. Не следует располагать насосные станции на проездах и набережных.

Насосные станции для перекачки производственных сточных вод могут блокироваться с производственными корпусами, а также размещаться непосредственно в цехах предприятий.

Насосные станции следует располагать на незатопляемой территории. Отметка порога у входа в них должна быть не менее чем на 0,5 м выше самого высокого уровня воды в водоеме с учетом нагона волны. Все подводящие самотечные трубопроводы перед насосной станцией должны объединяться в один, так как в насосную станцию допускается ввод лишь одного трубопровода.

Перед насосными станциями целесообразно предусматривать аварийные выпуски, использование которых возможно лишь в чрезвычайных случаях. Задвижки на аварийных выпусках должны пломбироваться. Наличие аварийных выпусков позволяет значительно уменьшить последствия прекращения работы насосных станций (затопление территорий города и поступление сточных вод в водоемы, заполнение подводящих трубопроводов и резервуаров насосных станций осадком и др.) в результате сокращения сроков простоя насосных станций. На рис.4.29 показан пример размещения насосной станции и трубопроводов различного назначения на территории квартала.

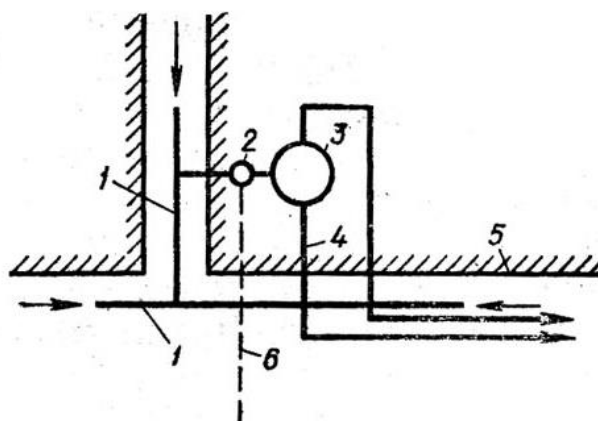


Рис. 4.29. Схема расположения насосной станции и трубопроводов:

1 – самотечные трубопроводы; 2 – камера; 3 – насосная станция; 4 – напорные трубопроводы; 5 – красные линии (границы кварталов); 6 – аварийный выпуск в реку

Для предупреждения затопления помещения решеток в аварийных случаях на самотечных трубопроводах в колодце перед насосной станцией устанавливают затвор (задвижку), а для сброса воды в водоем устраивают аварийный выпуск. В начале аварийного выпуска, в колодце, устанавливают задвижку. Приводы затвора на самотечном трубопроводе и задвижки аварийного выпуска должны механизироваться, а управление ими должно осуществляться с поверхности земли. Задвижка аварийного выпуска должна быть опломбирована.

Устье (начало) аварийного выпуска следует располагать выше отметки высоких вод в водоеме для обеспечения спуска воды даже в период паводка. Оно обычно выполняется в виде берегового оголовка, но можно выносить его и на некоторое расстояние от берега. Отметка устья аварийного выпуска должна быть ниже меженного горизонта воды.

К использованию аварийного выпуска можно прибегать лишь в исключительных случаях.

Места расположения насосных станций и возможность устройства аварийных выпусков должны согласовываться со службами контроля за качеством воды и охраны рыбных ресурсов.

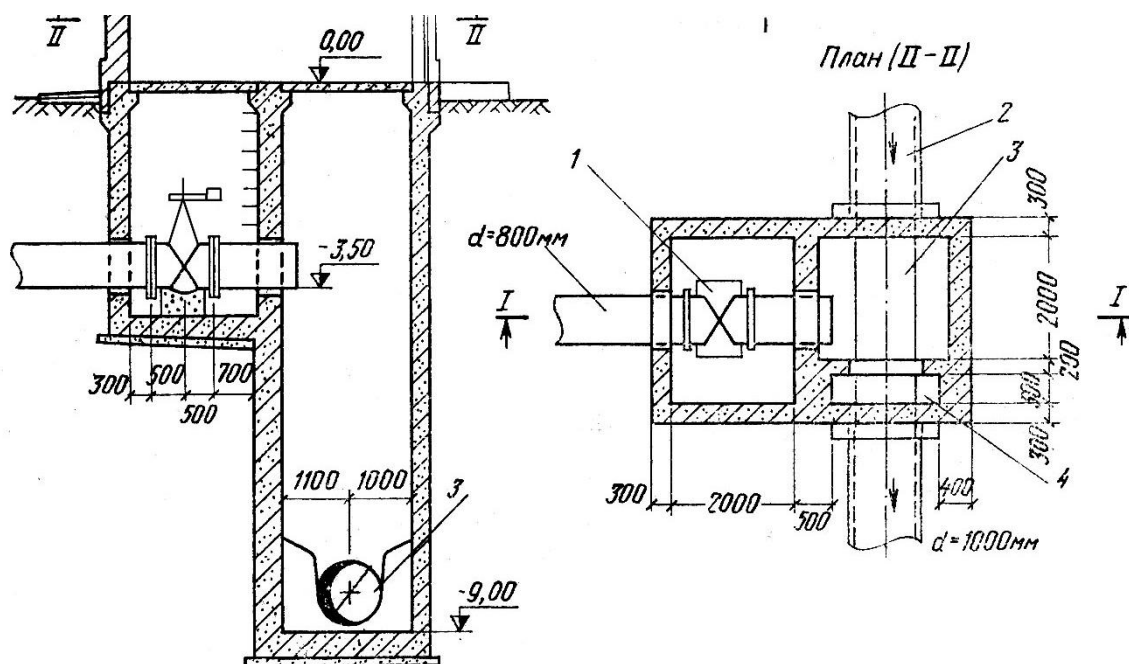


Рис. 4.30. Конструкция камеры аварийного выпуска канализационной насосной станции:
1 – задвижка на аварийном выпуске в водоем, 2 – подводящий коллектор, 3 – лоток коллектора на дне камеры, 4 – самосбрасывающийся затвор на коллекторе.

В настоящее время при проектировании насосных станций водоотведения предусматривается строительство в едином комплексе с насосной станцией аварийно-регулирующих или аварийных резервуаров для сглаживания неравномерности притока сточных вод или обеспечения надежной работы системы водоотведения в аварийных ситуациях (отключение энергоснабжения

насосных станций или создавшаяся аварийная обстановка на насосных станциях и др.).

Исходные данные для проектирования и расчета насосных станций.

Для расчета насосной станции требуется знать расходы в отдельные часы суток и особенно максимальный, средний и минимальный расходы, а также геометрическую высоту подъема воды.

Расходы устанавливают по суммарной таблице притока всех видов сточных вод.

Геометрическая высота подъема воды равна

$$H_{\Gamma} = Z_0 - Z_{HC},$$

где Z_0 — отметка уровня подачи сточных вод; Z_{HC} — отметка уровня откачки сточных вод.

За расчетную отметку откачки уровня сточных вод принимают: отметку среднего уровня воды в приемном резервуаре; отметку уровня воды в подводящем коллекторе при минимальном притоке, если насосная станция не имеет регулирующего резервуара, что характерно для крупных насосных станций.

За отметку подачи сточных вод принимают: отметку верха (шелыги) напорного трубопровода в точке присоединения, если напорный трубопровод присоединяется к приемному колодцу или отводящему самотечному трубопроводу выше горизонта воды в них; отметку максимального расчетного горизонта при подаче под уровень воды (при расположении верха напорного трубопровода ниже уровня воды); отметку верха трубопровода при прохождении им повышенного участка местности, имеющего отметку земли выше уровня воды в точке подачи.

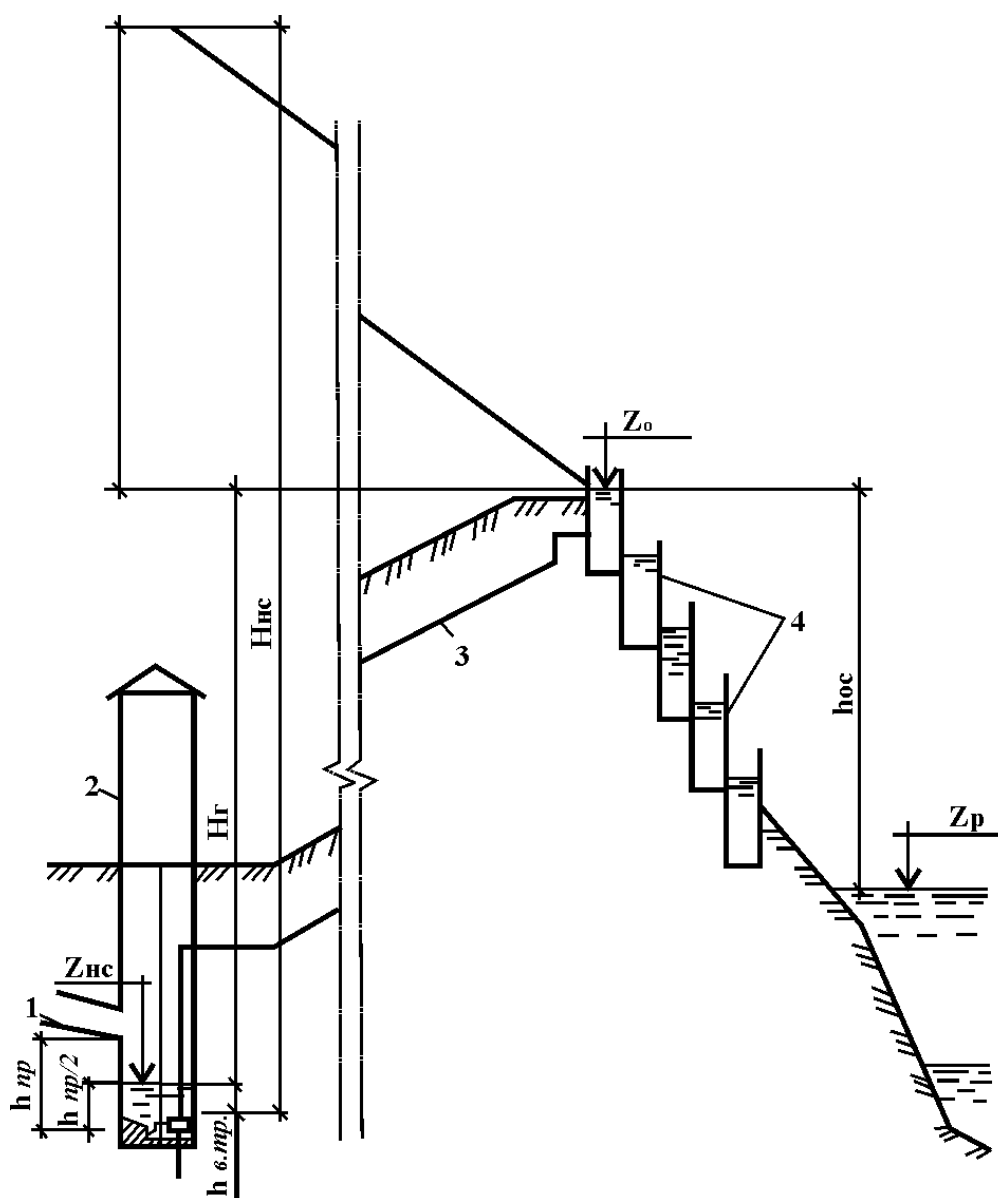


Рис. 4.31. Высотная схема расположения насосной станции и напорного трубопровода: 1 – самотечный подводящий трубопровод; 2 – насосная станция; 3 – напорный трубопровод; 4 – очистные сооружения

Насосные станции могут подавать воду на очистные сооружения или перекачивать ее из бассейна в бассейн. Если насосная станция подает воду на очистную станцию, то в этом случае требуется определять отметку подачи воды. Очистные станции располагают в непосредственной близости к водоему. В процессе проектирования специально определяют взаимное высотное расположение отдельных сооружений, чтобы течение воды от сооружения к сооружению происходило самотеком. Лишь в очень редких случаях в пределах очистных сооружений прибегают к перекачке сточных вод. Для обеспечения

самотечного движения сточной воды по очистным сооружениям и выпуска ее в водоем предусматривается определенный расчетный перепад воды h_{oc} между первым (головным) очистным сооружением и высоким уровнем воды в водоеме, равным величине общих потерь напора в пределах очистных сооружений и выпуска воды в водоем. Очевидно, что величина этого перепада зависит от числа, состава и конструкции очистных сооружений и выпуска. Таким образом:

$$Z_0 = Z_p + h_{oc},$$

где Z_p - верхний уровень воды.

Опыт проектирования позволяет рекомендовать следующие ориентировочные значения величины h_{oc} : 7 ... 8 м, если биологическая очистка воды производится на биологических фильтрах, которые применяются при расходах воды до 20 - 30 тыс. м³/сут; 4 ... 5 м, если биологическая очистка сточных вод производится на аэротенках, которые применяются при расходах более 20 тыс. м³/сут. По расчетам может получаться, что отметка Z_0 будет значительно превышать отметку поверхности земли в данном месте. Это будет указывать на то, что очистные сооружения должны быть расположены на насыпных грунтах.

Если насосная станция обеспечивает перекачку сточных вод из одного самотечного коллектора в другой, то уровень воды в самотечном трубопроводе в точке подачи воды и отметки подачи воды определяют по продольному профилю самотечного трубопровода.

Расчету насосной станции должно предшествовать определение диаметра напорных трубопроводов. Число напорных трубопроводов необходимо принимать не менее двух с устройством в случае необходимости между ними переключений. Скорость движения сточных вод следует принимать в напорных трубопроводах в пределах насосных станций от 1 до 2,5 м/с, а за пределами их - 1 ... 1,5 м/с; во всасывающих трубопроводах - 0,7 ... 1,5 м/с.

Расчет насосных станций производят в следующем порядке: определение расчетного расхода; определение напора, который должна создавать насосная станция; подбор насосов по расходу и напору; построение характеристик (графиков) совместной работы насосов и напорных трубопроводов и определение рабочих точек.

Напор, который должна создавать насосная станция, находится по формуле:

$$H_{HC} = H_{\Gamma} + h_{н.тр.} + h_{в.тр.},$$

где $h_{н.тр.}$ и $h_{в.тр.}$ – потери напора соответственно в напорном и всасывающем трубопроводах.

Исследования показали, что особо следует определять потери напора в напорных трубопроводах, расположенных в пределах насосных станций. Вследствие более высоких скоростей движения воды в них и наличия большого числа местных сопротивлений потеря напора в них оказывается соизмеримой с потерями напора в напорном трубопроводе за пределами насосной станции, имеющем значительную длину.

Всасывающие трубопроводы представляют собой короткие трубы, в которых потери напора по длине и в местных сопротивлениях также соизмеримы между собой. С учетом изложенного

$$H_{HC} = H_{\Gamma} + h'_{н.тр.} + h''_{н.тр.} + h_{в.тр.},$$

где $h'_{н.тр.}$ и $h''_{н.тр.}$ – потери напора в напорном трубопроводе, расположенном соответственно за пределами и внутри насосной станции.

Уравнение окончательно принимает вид:

$$H_{HC} = H_{\Gamma} + iL + i_1 L_{н.тр.} + \sum \zeta \frac{V_{н.тр.}^2}{2g} + i_2 L_{в.тр.} + \sum \zeta \frac{V_{в.тр.}^2}{2g},$$

где i – гидравлический уклон напорного трубопровода за пределами насосной станции длиной L ; i_1 – гидравлический уклон напорного трубопровода в пределах насосной станции длиной $L_{н.тр.}$; i_2 – гидравлический уклон

всасывающего трубопровода длиной $L_{в.тр}$; $v_{н.тр}$ и $v_{в.тр}$ – скорости движения воды соответственно в напорном трубопроводе в пределах насосной станции и во всасывающем трубопроводе.

Напор, который должна создавать насосная станция, приближенно можно определить по формуле

$$H_{НС} = H_{Г} + K \cdot i \cdot L,$$

где K – коэффициент, учитывающий потери напора в трубопроводах, расположенных в насосной станции, и равный 1,05...1,1.

По каталогам насосов для вычисленных расхода и напора производят подбор насосов с учетом следующих соображений: общую подачу рабочих насосов выбирают из условия перекачки максимального расчетного притока сточных вод; для станций средней и большой пропускной способности число и подачу насосов следует выбирать с учетом неравномерности притока сточных вод на станции (режим работы станции должен обеспечиваться с высоким КПД при максимальном, среднем и минимальном притоках).

Насосные станции общесплавной и полураздельной систем водоотведения целесообразно проектировать с двумя группами насосов. Одна группа предназначена для перекачки бытовых и производственных сточных вод в сухую погоду, а другая – для перекачки дождевых вод и включается в работу только во время дождя. Это объясняется большой разницей в расходе бытовых и производственных сточных вод и расходе дождевых вод.

Важнейший этап расчета — построение характеристик (графиков) совместной работы насосов и напорных трубопроводов. Он подробно рассматривается в специальном курсе «Насосные и воздухоудельные станции». Ниже будет обращено внимание на некоторые особенности расчета насосных станций.

Насосные станции систем водоотведения создают сравнительно низкие напоры. При этом потери напора в коммуникациях насосных станций оказываются соизмеримыми с потерями напора во всем напорном

трубопроводе. Поэтому необходимая точность расчета всей насосной станции требует особой тщательности в определении потерь напора в коммуникациях насосных станций. Следует также учитывать, что потери напора в коммуникациях насосных станций зависят от числа работающих насосов. Поэтому расчетный график, построенный для подачи нескольких насосов в общий напорный трубопровод, не может быть использован для определения рабочей точки в случае подачи иного числа насосов в этот же трубопровод. Особенно это важно для случаев, когда коммуникации насосных станций несимметричны. Для точного определения рабочих точек насосов в таких системах рекомендуется применять метод построения приведенных характеристик насосов, разработанный инженером К. А. Щегловым.

На рис. 4.32, б представлен график для двух разных насосов, работающих в два трубопровода по схеме, показанной на рис. 4.32, а. В такой схеме расход воды и потеря напора на участках $a - в$ и $б - в$ будет резко отличаться как вследствие разной длины и конструкции трубопроводов, так и неодинаковых характеристик насосов. Для определения рабочей точки в характеристики насосов вводятся уточнения: из характеристик насосов вычитаются характеристики трубопроводов $a - в$ и $б - в$, предварительно построенные в виде отрицательных характеристик (ниже оси абсцисс).

Вычитание производят графически. Таким образом, все параметры работы насосов приводятся в точку $в$. (Приведенные характеристики насосов показаны пунктиром.) Суммарная характеристика двух насосов, также приведенная в точку $в$, строится суммированием двух приведенных характеристик каждого насоса. Характеристики напорных трубопроводов строятся обычным способом от точки $в$ и также суммируются. Подача системы при работе обоих насосов и двух трубопроводов определяется точкой 1_{II} , а каждого насоса – точками 1_I и 1_{II} . Подача двух насосов в один трубопровод определяется точкой 3_{II} , а каждого насоса в один трубопровод – точками 3_I и 3_{II} .

Метод приведенных характеристик позволяет точно рассчитывать также работу двух расположенных в разных местах насосных станций в один напорный трубопровод. Подбор насосов и расчет напорных трубопроводов необходимо производить из условия обеспечения при аварии по одному трубопроводу пропуска 100 % расчетной подачи.

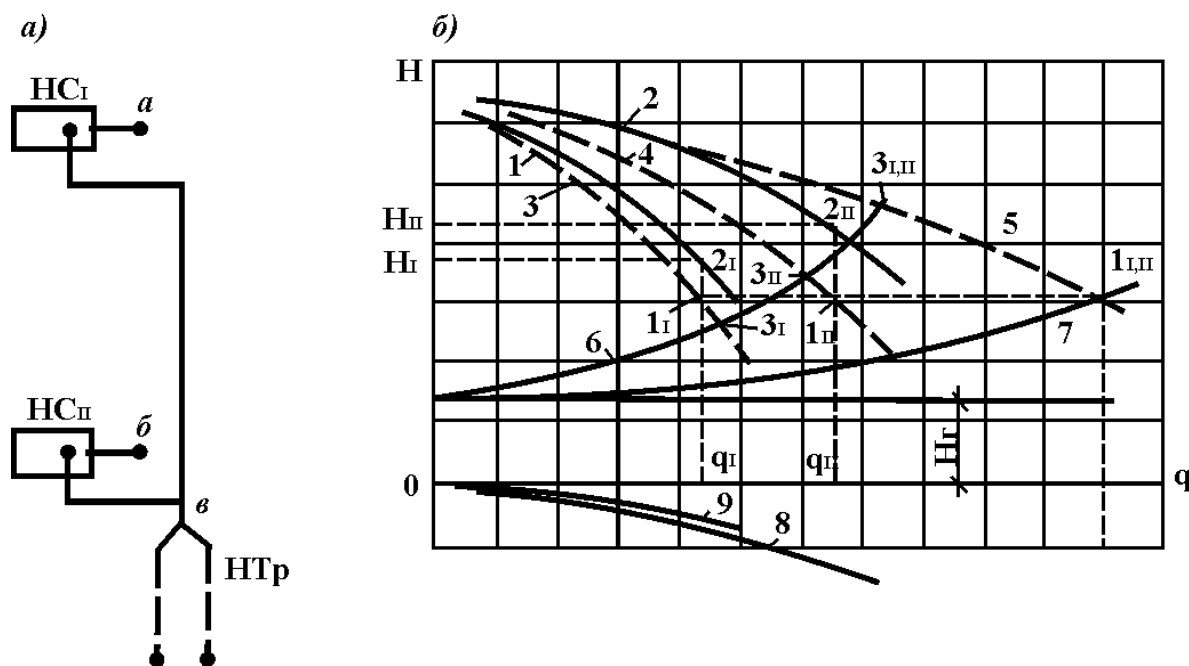


Рис. 4.32. Схема насосной станции с двумя насосами (а) и зависимость (характеристика) q от H (б):

1 – для HC_I ; 2 – для HC_{II} ; 3 – приведенная для HC_I ; 4 – приведенная для HC_{II} ; 5 – приведенная для двух HC_I и HC_{II} ; 6 – для одного напорного трубопровода; 7 – для двух напорных трубопроводов; 8 – для трубопроводов на участке а – в; 9 – для трубопроводов на участке б – в; НТр – напорные трубопроводы.

Для обеспечения указанных условий могут использоваться резервные насосы и переключения между напорными трубопроводами для выключения аварийного участка. Если по расчету выясняется, что указанные условия не соблюдаются, то определение диаметра трубопровода и подбор насосов, а также построение характеристик повторяют. Окончательный выбор трубопроводов и насосов должен быть сделан с учетом рассмотрения всех возможных вариантов и технико-экономических показателей.

Насосные станции дождевой, общесплавной и полураздельной систем водоотведения следует рассчитывать из условия перекачки дождевых вод, равной расчетному притоку этих вод при периоде однократного переполнения,

установленном для принятой системы водоотведения. Число насосных агрегатов для перекачки дождевых вод должно быть минимальным, резервные насосы не предусматриваются. При этом не предполагается регулирование дождевого стока перед насосной станцией. Если регулирование осуществляется, то расчетный расход насосной станции определяют по формуле:

$$q_p = \alpha \cdot q_r ,$$

где α – коэффициент регулирования, принимаемый на основании технико-экономического анализа конкретных условий проектирования; q_r – расчетный расход дождевых вод.

Для перекачки больших расходов воды на небольшую высоту (2 – 7 м) целесообразно применение шнековых насосов (подъемников). Следует, однако, иметь в виду, что отечественная промышленность серийно их не выпускает. Для перекачки небольших расходов воды эффективно применение пневматических установок. Для перекачки дождевых вод с большими расходами и малыми напорами весьма целесообразно применение осевых насосов.

Более полного соответствия параметров притока сточных вод и откачки их насосами можно достичь в результате изменения характеристик центробежных насосов путем изменения частоты вращения или обточки колес насосов.

В машинном зале насосных станций, кроме насосов для перекачки сточных вод, устанавливают насосы для подачи воды на технические нужды, вакуум-насосы (если основные насосы установлены не под заливом), насосы для удаления дренажных вод, подъемно-транспортные устройства и контрольно-измерительные приборы. Насосы рекомендуется устанавливать под заливом.

Если насосы располагаются выше расчетного уровня сточной воды в резервуаре, то высотное расположение оси насосных агрегатов следует уточнять расчетом, методика которого изложена в специальной литературе.

При этом насосная станция должна иметь оборудование для обеспечения заливки насосов перед их пуском. При проектировании должно уделяться особое внимание надежности работы насосных станций, которая достигается при бесперебойном электроснабжении и резерве оборудования, регламентируемого СП 32.13330.2012.

Определение вместимости приемных резервуаров и особенности их устройства. Приемные резервуары насосных станций могут устраиваться совмещенными в одном здании с машинным отделением и отдельно стоящими. Вместимость приемных резервуаров надлежит определять с учетом притока сточных вод, подачи насосов и принятого режима их работы. Вместимость приемных резервуаров насосных станций для перекачки бытовых сточных вод должна быть не менее 5-минутной максимальной подачи одного из насосов. При крупных насосных станциях (пропускной способностью более 100 тыс. м³/сут) приемным резервуарам придают форму распределительного канала. Вместимость резервуаров определяется конструктивными соображениями – необходимой площадью и глубиной для размещения насосов, механических решеток и др.

Частое включение насосных агрегатов в работу усложняет эксплуатацию насосной станции и отрицательно сказывается на работе электроаппаратуры управления насосами и системы электроснабжения. Поэтому частота включения насосных агрегатов в течение 1 ч допускается не более 3 раз при ручном управлении и не более 5 раз – при автоматическом. Частота включения насосов зависит от вместимости приемного резервуара. Вместимость, вычисленная по 5-минутной максимальной подаче одного насоса, обычно рекомендуется проверять на соблюдение требований о числе включений насоса за 1 ч.

Вместимость приемного резервуара обычно рекомендуют определять путем построения интегрального графика притока и откачки сточных вод

одним насосом в час минимального и среднего (50% максимального) притока сточных вод.

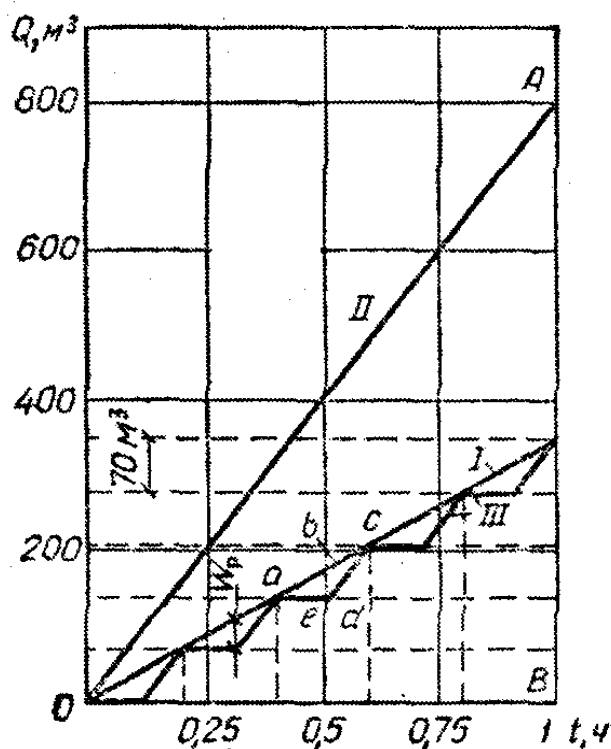


Рис. 4.33. Интегральный график притока и откачки воды насосной станцией:
I – приток сточных вод; II – откачка воды одним насосом; III – то же, с периодическим его
выключением

На рисунке показан пример определения вместимости резервуара. Ломаная линия III откачки сточных вод с периодическим выключением насоса строится следующим образом. Приток воды за 1 ч, равный 350 м^3 , был разделен на пять частей (по 70 м^3), которые были отложены по оси ординат. Через полученные точки проводят пунктирные линии. Из точек их пересечения с прямой I притока воды проводят линии, параллельные линии II подачи насоса, до пересечения с ближайшей нижней пунктирной линией. Образовавшаяся ломаная линия III характеризует работу насоса с выключением его 5 раз за 1 ч. Горизонтальные участки ломаной линии характеризуют время простоя насоса, а наклонные – режим его работы. Наибольшая разность ординат между линиями I и III показывает требуемый минимальный объем резервуара для обеспечения пяти включений насоса за 1 ч. Он оказался равен 39 м^3 .

Пятиминутная подача насоса равна:

$$W_p = q_{нас} \cdot 5/60 = 800 \cdot 5/60 = 66,7 \text{ м}^3,$$

где $q_{нас}$ – подача насоса, равная 800 м³/ч.

Вместимость резервуара следует принять равной 66,7 м³. Приведенный выше расчет показывает, что при принятой вместимости резервуара число включений за 1 ч будет меньше 5.

Вместимость резервуара и параметры работы насосов при включении его могут быть определены и аналитически. Необходимые зависимости следуют из рис.7.8. Отрезок ординаты cd представляет собой приток воды за время $1/n$ (между двумя остановками насоса – одного цикла стоянки и работы насоса), равный величине q_{np}/n (где q_{np} – приток воды за 1 ч, n – число включений за 1 ч). Отрезок абсциссы ed представляет собой время работы насоса, которое определяется из подобия треугольников OAB и ecd :

$$t_{раб} = q_{np} / n q_{нас}$$

Отрезок абсциссы ae представляет собой время остановки насоса, равное:

$$t_{cm} = 1/n - q_{np} / n q_{нас} = (1/n)(1 - q_{np} / q_{нас})$$

Вместимость резервуара, равная объему притока воды за время остановки насоса, определяется по следующей зависимости:

$$W_p = t_{cm} q_{np} = (q_{np} / n) (1 - q_{np} / q_{нас})$$

Для условий, представленных на графике

$$t_{раб} = 350 / 5 \cdot 800 = 0,088 \text{ ч};$$

$$t_{cm} = (1/5)(1 - 350 / 800) = 0,112 \text{ ч};$$

$$W_p = (350/5) (1 - 350 / 800) = 39 \text{ м}^3.$$

Вместимость получилась такая же, как и при графическом решении.

Проведем анализ расчетной зависимости, имеющей максимум. Представим уравнение в виде

$$W_p = q_{np} / n - q_{np}^2 / n q_{нас}$$

Для установления условий, при которых зависимость имеет максимум, найдем первую производную и приравняем ее нулю. В итоге получим

$$dW_p/dq_{np} = 1/n - 2q_{np}/nq_{нас} = 0;$$

$$q_{np}/q_{нас} = 0,5.$$

Следовательно, при данном соотношении вместимость резервуара получается максимальной. Формула для определения максимальной вместимости резервуара, с учетом рассмотренного соотношения:

$$W_{p.max} = (q_{нас}/2n)(1 - 1/2)$$

или

$$W_{p.max} = 0,25q_{нас}/n$$

Именно по этой формуле следует определять вместимость резервуара из условий обеспечения регламентируемого числа включений n .

Уравнение для определения вместимости резервуара по максимальной подаче одного насоса за определенное время t , мин, имеет вид

$$W_p = t \cdot q_{нас}/60$$

Из этого следует, что $t = 15/n$.

При $n = 3$, $t = 5$ мин; при $n = 5$, $t = 3$ мин. Полученные результаты подтверждают обоснованность рекомендаций СП 32.13330.2012 об определении вместимости резервуара.

Графический анализ еще полнее раскрывает особенности уравнения определения вместимости приемного резервуара. Разделив левую и правую части уравнения на $q_{нас}$, получим

$$W_p/q_{нас} = (q_{np}/nq_{нас}) (1 - q_{np}/q_{нас})$$

На рис. 4.34. представлены зависимости относительной вместимости резервуара $W_p/q_{нас}$ от относительного притока $q_{np}/q_{нас}$ (в долях подачи насоса). Из них следует, что максимальная вместимость резервуара может равняться лишь 5 % подачи одного насоса при пяти включениях за 1 ч и 8,3 % при трех включениях за 1 ч. Это может иметь место при $q_{np}/q_{нас} = 0,5$. При уменьшении и увеличении отношения $q_{np}/q_{нас}$ требуемая вместимость резервуара уменьшается до нуля при значениях $q_{np}/q_{нас} = 0$ и $1,0$.

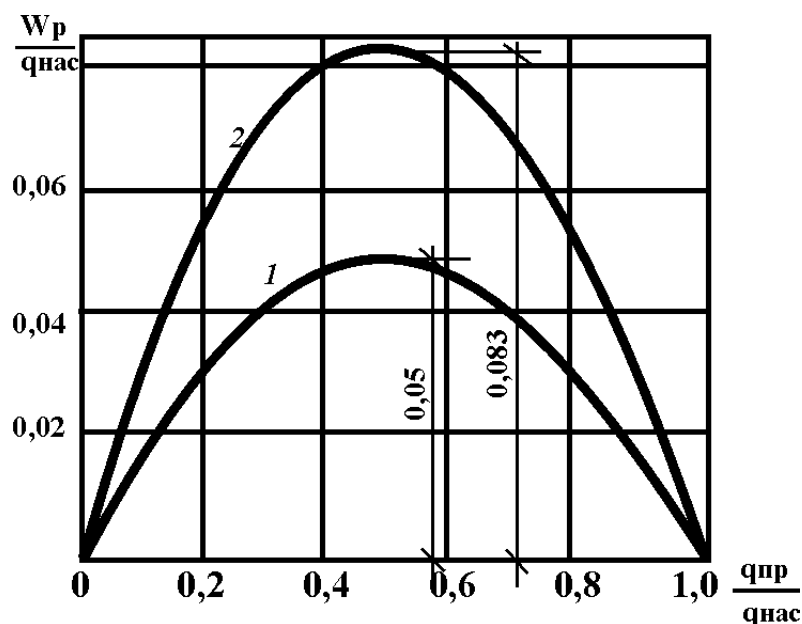


Рис. 4.34. Зависимость относительной вместимости резервуара от относительного притока:
1 и 2 – при включениях за 1 ч соответственно пяти и трех

Относительная вместимость резервуара, вычисленная по 5-минутной подаче насоса, равна $W_p = q_{нас} \cdot 5/60 = 0,083$ или 8,3%, т.е. меньше или равна требуемой вместимости, определенной из условия регламентируемого числа включений насоса.

Таким образом, если вместимость приемного резервуара принимается равной 5-минутной максимальной подаче одного насоса, то при этом обеспечиваются условия по частоте включения насоса: не более 3 и 5 раз за 1 ч.

Приемные резервуары насосных станций полураздельных и общесплавных систем водоотведения выполняют с переливным устройством и разделительной стенкой на два отделения (одно для стока в сухую погоду, другое – во время дождя); возможна установка двух самостоятельных резервуаров. Вместимость приемных резервуаров или их отделений для притока в сухую погоду определяется так же, как и вместимость резервуаров насосных станций бытовой сети полной раздельной системы водоотведения. При дополнительном притоке во время дождя вместимость рассчитывается как для регулирующего резервуара.

Вместимость приемных резервуаров насосных станций дождевой сети рассчитывается так же, как вместимость регулирующего резервуара. Вместимость приемных резервуаров насосных станций дождевой сети, полураздельной и общесплавной систем водоотведения должна быть не меньше объема воды, поступающей за время, необходимое для запуска насоса с наибольшей подачей.

В приемных резервуарах насосных станций возможно выпадение осадка. Этим и определяются особенности их устройства. Дно приемных резервуаров насосных станций бытовых сетей полных раздельных систем водоотведения должно иметь уклон к приемкам не менее 0,1. По периметру наружных стен резервуаров рекомендуется прокладывать трубопроводы, снабженные патрубками и присоединенные к напорному трубопроводу. С их помощью можно взмучивать и смывать осадок к приемкам. Кроме того, в помещении над резервуаром (помещении решеток) следует устанавливать поливочные краны, оборудованные шлангами с брандспойтами, которые также служат для взмучивания и смыва осадка в резервуарах. Одной из эффективных мер удаления осадка из резервуаров является обеспечение режима работы насосной станцией с периодическим полным опорожнением резервуара.

Оборудование канализационных насосных станций.

Состав оборудования, его конструктивные особенности, тип, количество основного и вспомогательного оборудования определяется, исходя из объема сточных вод, поступающих на насосные станции.

Насосные агрегаты для перекачки сточных вод. Конструктивные особенности насосных агрегатов обуславливаются составом перекачиваемой сточной жидкости, который характеризуется большим количеством крупных и мелких включений. Кроме этого в стоках содержится и песок, являющийся абразивным материалом.

Учитывая это, лопастям рабочего колеса придается более обтекаемая форма; на корпусе насоса для производства работ по очистке рабочего колеса предусмотрены люки-ревизии; рабочие колеса изготавливают из твердосплавных материалов, например, титана, или обрабатывают специальным покрытием, которое в значительной степени предохраняет рабочее колесо от абразивного износа; внутренняя полость корпуса защищена сменными дисками; улитки насосных агрегатов должны быть покрыты специальным твердосплавным составом для предохранения от абразивного износа.

Согласно ГОСТ 113-79-80 динамические насосы для сточной жидкости выпускают следующих типов: СД - центробежные, СДС - свободновихревые. По расположению вала: горизонтальные, вертикальные (В), полупогружные (П). По уплотнению вала: сальниковое; торцовое; без уплотнения. По ступеням перекачки: одноступенчатые; двухступенчатые.

Динамические насосы так называемых типов СД и СДВ предназначены для перекачки городских и производственных сточных вод со следующей характеристикой сточной жидкости: $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$; $\rho_H = 6 \div 8,5$; $t = 80^\circ \text{ C}$; крупность абразивных включений до 5 мм и не более 1% по массе. На рис. 4.35. показана принципиальная схема центробежного насоса. Широкое рабочее колесо и вариация количеством лопаток от 2 до 5 позволяют перекачивать сточную жидкость с крупными механическими примесями. Всасывающий патрубок насоса крепится к крышке корпуса на болтах, что позволяет производить замену рабочего колеса, не снимая насос с фундамента. На всасывающем патрубке насосов типов СД и СДС и их импортных аналогов в нижней крышке корпуса предусмотрены люки-ревизии, через которые производится очистка рабочего колеса от отбросов. Для предохранения от износа в верхней и нижней крышках корпусов насосов типа СДВ устанавливают сменные защитные диски, изготовленные из твердых сталей или отбеленного чугуна. В крупногабаритных насосах (от 2400 м³/ч) покрывают

антикоррозионными и антиабразивными материалами улитки и рабочие колеса, что в значительной степени удлиняет срок службы и предотвращает поверхность указанных узлов от износа.

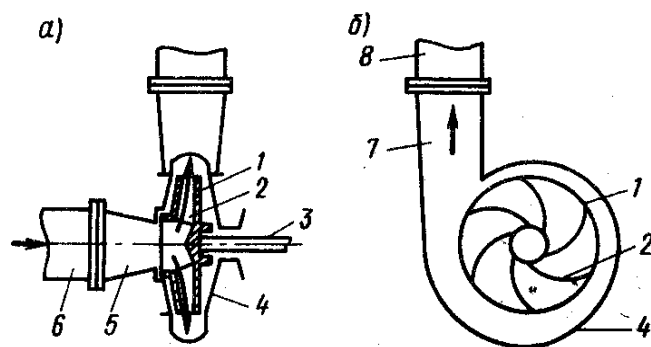


Рис. 4.35. Схема центробежного насоса:

а - продольный разрез; б - поперечный; 1 - рабочее колесо; 2 - лопасти рабочего колеса; 3 - вал; 4 - корпус; 5 - всасывающий патрубок; 6 - всасывающий трубопровод; 7 - напорный патрубок; 8 - напорный трубопровод

Для перекачивания сточных вод, помимо насосов СД и СДВ, на канализационных насосных станциях работают погружные насосы отечественного производства: ГНОМ, ЭЦК и ЦМФ. Вышеперечисленные насосы используют как для проведения аварийной откачки сточной жидкости, так и для стационарной установки на насосных станциях.

За последние 15 лет в системах канализации г. Москвы, Санкт-Петербурга и многих других городах РФ для повышения надежности и энергетической эффективности работы насосных станций стали широко применяться погружные насосы таких зарубежных фирм, как: ITT FLYGT (Швеция) и KSB (Германия), Wilo и др.

Фирма FLYGT долгое время являлась лидером в области создания и применения погружных насосов. Первый насос фирмы был разработан и выпущен в 1948 г. Импортные погружные насосы имеют обозначения, состоящее из нескольких букв и цифр, например: СР 3152. Как правило в обозначении насосного агрегата кодируется описание гидравлической части насоса, т.е. рабочее колесо и корпус. Поскольку рабочее колесо определяет область применения насоса, то обозначают тип насоса, в который

устанавливается данное рабочее колесо: например - закрытое канальное рабочее колесо в корпусе для сред с длинноволокнистыми материалами или твердыми частицами во взвешенном состоянии. Указывается способ установки насоса: свободностоящий насос, стационарная установка, стационарная мокрая установка, передвижной, полупостоянная мокрая установка с насосом на двойных направляющих стержнях с автоматическим подсоединением к напорному трубопроводу и др. Цифры указывают модель, а также определяют размер по сравнению с другими насосами того же типа.

Применение погружных насосов обеспечивает ряд преимуществ в конструкции водоприемного колодца и общей конструкции насосной станции: колодец меньше для заданной подачи насоса благодаря оптимальной гидравлике и меньшему объему наполнения вследствие укороченных насосных циклов; колодец меньше также и потому, что резервные насосы не устанавливают в нем, их хранят на складе; отпадает необходимость в строительстве здания насосной станции, или здание насосной станции можно сделать меньше, поскольку единственными узлами над водой являются блок управления насосами и распределительное устройство; установка насоса характеризуется простотой и быстротой.

Насосные станции с погружными насосами значительно дешевле, как в строительстве, так и в эксплуатации, снижаются расходы до 40 - 50%.

Для подъема сточных вод из самотечного подводящего коллектора на площадках очистных сооружений города могут применяться и насосные станции со шнековыми водоподъемными агрегатами. Внешний вид шнековой насосной станции представлен на рис. 4.36.



Рис. 4.36. главная насосная станция оборудованная тремя шнековыми насосами.

Технологическое оборудование. В помещении приемного резервуара насосной станции устанавливают решетки, на которых задерживаются отбросы, поступающие со сточной жидкостью. Ширина прозоров решетки зависит от производительности насосного агрегата, т.е. насосы малой производительности имеют меньшую ширину прозоров решетки. Изменение ширины прозоров сказывается на количестве задержанных отбросов. Так, при уменьшении прозора с 40 до 20 мм количество отбросов увеличивается в 2,5 раза.

Съем отбросов, задержанных на решетках, производят с помощью механических граблей или вручную. Оператор на решетках производит сортировку мусора. Мусор, подлежащий дроблению, измельчают в дробилках и сбрасывают в подводящий канал до места установки механических граблей. Мусор, не подлежащий дроблению, собирается в контейнеры, стоящие на

отметке пола помещения механических решеток, а затем транспортируется на полигоны хранения твердых бытовых отходов.

При проектировании насосных станций применяют 2 типа неподвижных решеток с очисткой их механическими граблями и выгрузкой задержанных отходов на ленточный транспортер или на сортировочный стол.

Решетки московского типа устанавливают под углом $60^\circ - 80^\circ$ к горизонту и очищают граблями, которые движутся перед решеткой по течению сточной жидкости. Решетки ленинградского типа устанавливают под углом 60° к горизонту и очищают граблями, которые движутся за решеткой. Механические решетки московского типа зарекомендовали себя за период многолетней эксплуатации как достаточно надежное и долговечное оборудование. На насосных станциях при количестве задерживаемых отходов $< 0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, допускалась установка решеток с ручной очисткой. Эти решетки не выпускались серийно, а изготавливались непосредственно строительными организациями при строительстве насосной станции. На насосных станциях небольшой производительности, оборудованных погружными насосами (станции колодезного типа), для сбора мусора изготавливают мусоросборную корзину, которую устанавливают на подводящем трубопроводе. Периодически мусоросборную корзину поднимают по направляющим и очищают.

Для дробления отходов, снятых с механических граблей, используют молотковые дробилки, которая в настоящее время выпускается в нашей стране двух типоразмеров: ДК=1,0 т/ч, ДК=0,5 т/ч. Дробление отходов происходит между молотками, закрепленными на вращающемся роторе, и гребенкой, установленной неподвижно в корпусе дробилки. Подаваемая в дробилку вода смывает измельченные отходы и транспортирует их обратно в подводящий канал.

Эффективным способом механической очистки сточной жидкости перед поступлением ее в насос является использование решеток-дробилок различных конструкций, которые задерживают и дробят отходы под водой в потоке,

проходящем через решетку, чем обеспечивается высокая степень санитарных условий и исключается сбрасывание отбросов с решетки и транспортирование их к дробилке. В нашей стране были разработаны решетки-дробилки марок РД-200, РД-600, РРД-64, РРД-130, КРД-10 и КРД-40.

Решетка радиальной дробилки РРД выполняется в виде сектора, а круглой КРД — в виде барабана. Частицы мусора и отбросов, находящиеся в сточной воде, задерживаются на решетке с прозорами 16 мм и с помощью вращающейся гребенки, зубья которой входят в прозоры решетки, подаются в приемок дробилки.

Дробилка решеток РРД и КРД смонтирована в специальной ячейке, расположенной рядом с каналом, в котором установлена решетка. На рабочем валу привода закреплен молот, который при вращении вертикального вала центробежной силой прижимается к внутренней поверхности дробильной решетки. Отбросы засасываются вместе со сточной водой в приемную камеру. Крупные отбросы, попадая между молотом и решеткой, измельчаются, продавливаются через ее прозоры и попадают в улитку в измельченном виде, откуда вместе со сточной водой выбрасываются в канал перед решеткой.

Решетки-дробилки РД, монтируемые в открытом подводящем канале, работают по следующему принципу. Сточная жидкость поступает на вращающийся барабан, проходит через щелевые отверстия внутрь барабана и далее на выход из решетки-дробилки. Крупные фракции загрязнений, содержащиеся в сточной жидкости, задерживаются на перемычках между щелевыми отверстиями и при вращении барабана перемещаются к трепальным гребням, которые закреплены на неподвижном корпусе решетки-дробилки. При взаимодействии режущих пластин и резцов, закрепленных на барабане, с соответствующими режущими кромками трепальных гребней происходит дробление (резание) отбросов. Раздробленные отбросы вместе с потоком жидкости проходят внутрь барабана и затем выходят из решетки-дробилки. Решетки-дробилки устанавливают по схеме с изливом в резервуар.

К достоинствам решеток-дробилок следует отнести следующее: в одной установке совмещены функции механизированной решетки и дробилки; не нужны устройства для транспортирования и сортировки отбросов; установка компактна и проста в обслуживании; малая ширина щелей барабана позволяет применять низконапорные насосы для чистой воды, имеющие КПД на 10-15% больше, чем динамические насосы для сточных вод; мощность установки невелика (например, при схеме удаления отбросов «решетка МГ-7Т – дробилка Д-3» суммарная установленная мощность электродвигателей равна 21 кВт, а у соответствующей по производительности решетки-дробилки РД-600 всего 1 кВт).

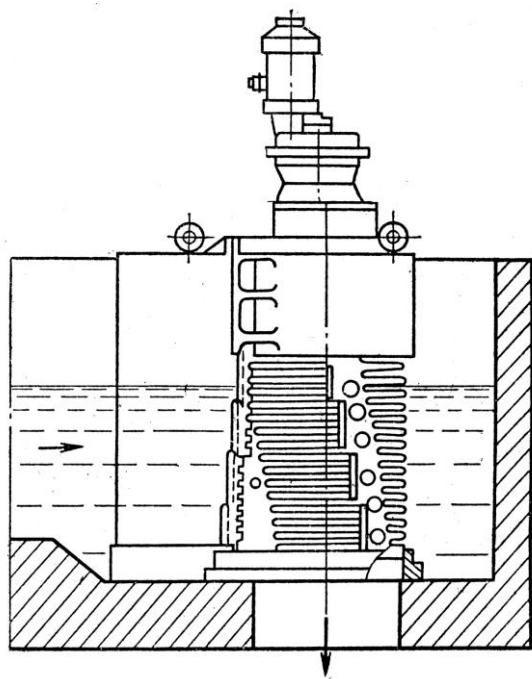


Рис.4.37. Вид решетки-дробилки РД-600 в канале.

Кроме того, отопление заглубленных приемных резервуаров насосных станций не требуется, так как теплотери через стены резервуара незначительны, а температура сточной жидкости обычно не бывает ниже 10-12°C. Если в помещении решеток постоянно находится обслуживающий персонал, то температура воздуха в отопительный период не должна быть ниже 16°C. Основными вредностями в помещении решеток являются газовые

выделения, проникающие из подводящего канала и приемного резервуара. Для борьбы с газовыми выделениями устраивают приточную вентиляцию и вытяжную вентиляцию с отсосами от канала решеток и от дробилок с десятикратным обменом воздуха в час. Решетки-дробилки могут устанавливаться и непосредственно на очистных сооружениях перед песколовками.

Затворы. Одним из важнейших элементов надежности работы насосных станций является запорно-регулирующая арматура: затворы, задвижки, обратные клапаны.

Затворы, монтируемые на насосных станциях, подразделяются на основные и ремонтные.

Основные затворы монтируют на подводящих каналах к насосным станциям. Они обеспечивают регулирование притока сточных вод, поступающих на насосные станции. Регулирование затвором производится дистанционно с диспетчерского пункта или непосредственно кнопкой (перевод на ручное управление) дежурным сменным инженером. На подводящих каналах насосных станций производительностью более 250 тыс. м³/сут. устанавливается два щитовых затвора.

Ремонтные затворы служат для проведения работ по ремонту задвижек, расположенных на всасывающей линии на насосных станциях большой производительности. Эти затворы устанавливают в помещении механических решеток, и они должны обеспечивать необходимую герметичность. В зависимости от типа насосной станции, показателей напора, глубины подводящего канала на насосных станциях применяют металлические затворы различных конструкций.

Затворы выполняются с ручным или электрическим приводом. Установка электрического привода обеспечивает оперативность работы по закрытию и открытию щитового затвора, который включен в оперативную систему автоматики с выводом на диспетчерский пункт насосной станции.

Электродвигатели, установленные на щитовых затворах, запитаны от сети постоянного тока аккумуляторной, смонтированной на насосных станциях, и не зависят от энергоснабжения насосной станции. Существующие конструкции щитовых затворов, как показывает практика эксплуатации, не обеспечивают высокой герметичности.

Специалистами компаний выпускающих запорную арматуру и щитовые затворы постоянно ведется работа по совершенствованию их конструкций и внедрению новых материалов, в последнее время широко внедряются конструкции щитовых затворов, особенностью которых является то, что при движении щита отсутствует контакт с уплотнительным элементом (резиновый профиль). Затворы имеют цельнометаллический чугунный корпус или корпус из нержавеющей стали с направляющими рельсами, что обеспечивает его надежное перемещение и позволяет вести работу в системе дросселирования без ограничения времени в пределах установленного срока службы. Срок службы оценивается специалистами в 40-50 лет.

Обратные клапаны предназначены для предотвращения образования обратного потока жидкости. Запорный орган в обратных клапанах открывается прямым потоком жидкости, а закрывается обратным потоком. В настоящее время при строительстве насосных станций используют однодисковые обратные клапаны с верхней подвеской (рис.4.38). Обратный клапан с верхней подвеской выпускается промышленностью диаметром до 1000 мм. При проектировании насосных станций выбор типа обратного клапана определяется технико-экономическими расчетами. Наличие обратного клапана обеспечивает мгновенное отключение напорного трубопровода.

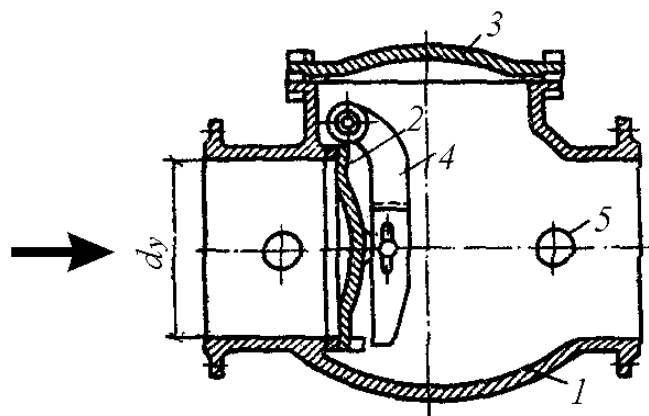


Рис. 4.38. Обратный клапан однодисковый с верхней подвеской тарели:
1 – корпус; 2 – тарель клапана; 3 – крышка корпуса; 4 – рычаги; 5 – байпас

При проектировании новых крупных насосных станций водоотведения и реконструкции существующих внедряются и более современные конструкции обратных клапанов. Новые типы бесшумны в работе и имеют малое гидравлическое сопротивление и имеют специальное устройство плавного закрытия. Точно обработанное гнездо клапана при незначительном давлении обеспечивает абсолютную герметичность. Обратные клапаны изготавливают от 400 до 1000 мм. Клапан может быть смонтирован в любом положении. Обратные клапаны с устройствами плавного закрытия являются гасителями гидравлических ударов.

Так разработанный НПП «Морская техника» отечественный образец обратного клапан, также кроме обычного своего назначения (перекрытия напорного трубопровода при аварийном отключении насосного агрегата) обладает способностью демпфирования кинетической энергии обратного потока воды в трубопроводе, возникающего в период между отключением насоса и закрытием обратного клапана.

Грузоподъемные механизмы. Насосные станции, где установлены грузоподъемные механизмы, относятся к категории опасных производственных объектов, на которые распространяется федеральный закон о "Промышленной безопасности опасных производственных объектов". Этот закон обязателен

независимо от их организационно-правовой собственности и формы собственности.

В соответствии с вышеуказанным федеральным законом разработаны и введены в действие "Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов", которые распространяются на: грузоподъемные краны всех типов, включая мостовые краны-штабелеры с машинным приводом; грузовые электрические тележки, передвигающиеся по надземным рельсовым путям совместно с кабиной управления; электрические тали; подъемники крановые; грузозахватные приспособления (стропы, захваты, траверсы и т.д.); грузозахватные органы (крюки, грейферы, грузоподъемные электромагниты, клещевые захваты и т.п.).

Тип грузоподъемных механизмов, устанавливаемых на насосных станциях, выбирают с учетом размещения насосного, технологического оборудования, запорно-регулирующих устройств, их размеров и максимального веса поднимаемого оборудования.

Для монтажа, демонтажа и ремонта оборудования, запорно-регулирующей арматуры и трубопроводов применяют грузоподъемные механизмы: тали ручные (передвижные или стационарно установленные) грузоподъемностью до 1т; подвесные кран-балки грузоподъемностью до 5т; мостовые краны грузоподъемностью от 5т и выше.

Кошки и тали - самые простые виды грузоподъемных механизмов, однако, они широко распространены и монтируются на насосных станциях малой производительности (колодезного типа) или над камерами для подъема и опускания щитовых затворов.

Подвесные кран-балки применяют для обслуживания ремонтных и монтажных работ на насосных станциях при перемещении грузов в продольном и поперечном направлениях.

Мостовые краны передвигаются вдоль машинного зала по подкрановым балкам, которые опираются на консоли несущих колонн здания насосной

станции. В зависимости от грузоподъемности и размеров пролета здания насосной станции мостовые краны изготавливают: однобалочными и двухбалочными. Грузоподъемность мостовых ручных кранов до 8 т; пролет 4...18 м; высота подъема $H \leq 12$ м. Управление таким краном осуществляется поводковыми цепями с пола помещения.

Электрические мостовые краны в настоящее время являются основным грузоподъемным оборудованием на насосных станциях производительностью более 200 тыс. м³/сут. Электроснабжение осуществляют от сети переменного тока через троллей. Отечественной промышленностью выпускаются электрические мостовые краны грузоподъемностью 5 т, 10 т, 15 т, 20 т и двухкрюковые краны грузоподъемностью 20/5 т; 30/5 т; 50/10 т. Управление электрическим мостовым краном осуществляется кнопочным постом управления.

Все грузоподъемные краны с машинным приводом должны быть оборудованы концевыми выключателями для автоматической остановки: механизма подъема грузозахватного органа в его крайних верхнем и нижнем положениях; механизма изменения вылета в крайних положениях стрелы; механизма передвижения кранов на рельсовом ходу.

Энергетическое оборудование. Для пуска, регулирования в процессе работы насосного агрегата и его остановки, а также для управления запорно-регулирующими устройствами, дренажным насосом и т.д. на насосных станциях установлено специальное энергетическое оборудование.

Насосные станции, осуществляющие перекачку сточных вод, по напряжению, подаваемому от источников энергоснабжения, подразделяются на 2 типа:

- насосные станции с напряжением до 1000 В (0,4 кВ), такие станции называют низковольтными;
- насосные станции с напряжением свыше 1000 В (6 ... 10 кВ), такие станции называют высоковольтными.

На насосных станциях, оборудованных низковольтными электродвигателями, применяют магнитные и вакуумные контакторы для включения насосных агрегатов. Для включения различного вспомогательного оборудования применяют всевозможные магнитные пускатели и автоматические выключатели, разъединители. Для отключения от сети высокого напряжения различных аппаратов, приборов или отдельных участков цепи применяют разъединители. Выбор схемы энергоснабжения насосной станции во многом определяет компоновку оборудования насосной станции, стоимость строительства, надежность и долговечность ее работы, а также удобство и экономичность эксплуатации.

Для обеспечения требуемой надежности (категории) энергоснабжения канализационных насосных станций в ряде случаев предусматривается устройство автономных генераторов электрической энергии с дизельными или газо-поршневыми двигателями.

Напорные трубопроводы. Число напорных трубопроводов от насосных станций следует принимать не менее двух с устройством в случае необходимости между ними переключений. Лишь при специальном обосновании допускается прокладка одного трубопровода. Напорные трубопроводы, как правило, должны выполняться из неметаллических труб (асбестоцементных, железобетонных, пластмассовых), внутри насосных станций трубопроводы - из стальных труб.

В высоких точках перегиба трубопровода необходимо устанавливать вантузы для выпуска и впуска воздуха, а в низких точках – выпуски для опорожнения трубопроводов при ремонтах и периодического сброса осадка. При повороте труб в горизонтальной и вертикальной плоскостях на угол более 10° следует устраивать упоры, конструкция и размеры которых должны определяться расчетом. Арматуру напорных трубопроводов надлежит располагать в колодцах или камерах.

Тема 9. Сети для отвода атмосферных осадков

4.6. Особенности и принципы проектирования и гидравлического расчета сетей для отвода атмосферных осадков

В процессе глобального кругооборота веществ, определяющего условия существования и эволюции биосферы, атмосферные осадки, выпадающие над земной поверхностью, собираются и отводятся через разветвленную сеть в моря и океаны, где, путем постоянного испарения воды, происходит формирование дождевых облаков с их последующим распределением над земной поверхностью и выпадением в виде осадков.

Распределение осадков над поверхностью планеты крайне неравномерно как в пространстве, так и во времени, и является предметом изучения гидрометеорологии.

Объемы выпадающих осадков измеряют высотой слоя воды h мм, выпавшей за определенный интервал времени, по площади водосбора. (В России годовой слой осадков колеблется от 300 мм на севере до 2000 мм в южной субтропической зоне. В средней полосе европейской части этот показатель достигает 600...800 мм).

Площадь водосбора – это часть земной поверхности и подстилающих ее почв и горных пород, откуда вода поступает к водным объектам, которые подразделяют на водотоки и водоемы.

Водоток – водный объект, характеризующийся устойчивым движением воды в направлении уклона водной поверхности. Водотоки бывают естественного (ручьи, реки, протоки) и искусственного (лотки, канавы, коллекторы, каналы) происхождения.

Водоем – водный объект в углублении земной поверхности, характеризующийся практическим отсутствием постоянного существенного уклона водной поверхности и наличием, в основном, волнового движения под

действием ветра и конвективных токов воды. Водоемы бывают естественного (болота, пруды, озера) и искусственного (резервуары, земляные и бетонные емкости, водохранилища) происхождения.

Сток – движение воды по поверхности земли и в грунте в направлении водного объекта. Поверхностный сток – сток дождевых, талых или поливных вод, происходящий по земной поверхности. Грунтовый сток – сток вод, попадающих в грунт с земной поверхности и перемещающийся в виде фильтрационного потока в направлении нижерасположенных водных объектов. Объем стока – объем воды, стекающий с водосбора за год (W , м³/год). Модуль стока – объем воды, стекающий с единицы площади водосбора в единицу времени (м³/с с 1 га).

Для расчета объемов атмосферных осадков используют параметр интенсивности дождя по объему q , выраженный в л/с с га.

Величину интенсивности дождя q описывают следующим эмпирическим выражением:

$$q = A / t^n, \quad (4.1)$$

где A – многофакторный безразмерный параметр, зависящий от географического положения местности и метеорологических условий; t – продолжительность дождя, мин; n – метеорологический параметр.

По действующим СП 32.13330. величину A рекомендуется определять по формуле:

$$A = q_{20} \cdot 20^n (1 + \lg P / \lg m_r)^\gamma, \quad (4.2)$$

где q_{20} – интенсивность дождя (л/с с га) для данной местности, продолжительностью 20 минут при $P = 1$ год; P – период времени в годах, в течение которого дождь расчетной интенсивности будет превышен 1 раз; m_r – среднее число дождей в год; γ – метеорологический параметр.

Наиболее существенное влияние на расчетную величину интенсивности дождя оказывает выбор величины периода однократного превышения

расчетной интенсивности P , иначе называемой периодом однократного переполнения водоотводящей сети.

Таблица 4.10

Величины периодов однократного превышения расчетной интенсивности дождя для населенных пунктов

Условия расположения коллекторов		Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P , годы, для населенных пунктов при значениях q_{20}			
На проездах местного значения	На магистральных улицах	до 60	60 - 80	80 - 120	более 120
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33-0,5	0,33-1	0,5-1	1-2
Неблагоприятные	Средние	0,5-1	1-1,5	1-2	2-3
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2-3	2-3	3-5	5-10
-	Особо неблагоприятные	3-5	3-5	5-10	10-20

Принятие $P \rightarrow \infty$ приведет к значительному завышению размеров и стоимости водоотводящей сети. Поэтому выбор расчетной величины P следует производить с учетом обеспечения минимума затрат на строительство и эксплуатацию системы водоотведения и устранения ущерба от подтопления жилых районов и промышленных предприятий атмосферными осадками. Возможные значения P приведены в табл.

Таблица 4.11.

Величины периодов однократного превышения расчетной интенсивности дождя для промышленных предприятий

Результат кратковременного переполнения сети	Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P , годы, для территории промышленных предприятий при значениях q_{20}		
	до 70	70 - 100	более 100

Технологические процессы предприятия: не нарушаются	0,33-0,5	0,5-1	2
нарушаются	0,5-1	1-2	3-5

Однако, далеко не весь объем выпавших атмосферных осадков достигает водоотводящей сети.

Коэффициент стока Ψ представляет собой отношение расхода воды, достигшей водостока q_v , к расходу выпавших осадков q_r .

По исследованиям Н.Н. Белова, коэффициент стока зависит от вида покрытия поверхности, интенсивности и продолжительности дождя и описывается формулой:

$$\Psi_{mid} = Z_{mid} \cdot q^{0,2} \cdot t^{0,1}, \quad (4.3)$$

где Z_{mid} – средневзвешенный коэффициент покрова, принимаемый по табл. 4.13 с учетом фактической доли каждого вида покрытия.

Для водонепроницаемых поверхностей (кровли и асфальтовые покрытия) величину Z принимают в зависимости от параметра A :

A	300	400	500	600	700	800	1000	1500
Z	0,32	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,23

$$Z_{mid} = \sum f_i \cdot Z = 0,118$$

С учетом зависимости (4.2) формула (4.3) принимает вид:

$$\Psi_{mid} = Z_{mid} \cdot A^{0,2} / t^{0,2 \cdot n - 0,1}$$

При больших площадях стока учитывают неравномерность выпадения дождя с помощью коэффициента простираемости дождя K по поверхности земли:

F га	500	1000	2000	4000	6000	8000	10000
K	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6	0,55

Однако городская водосточная сеть принимает не только поверхностные стоки от атмосферных осадков и декларируемые сбросы промышленно-ливневых сточных вод. Фактически городская водосточная сеть является

одновременно и дренажной, обеспечивая отвод значительной части грунтовых вод как природного, так и антропогенного происхождения. Это обусловлено наличием значительного числа неплотностей как в стыковых соединениях водосточных труб, так и в смотровых и дождеприемных колодцах. Данные неплотности образуются вследствие невысокого качества строительных работ и в процессе последующей эксплуатации под природным и техногенным воздействием.

Таким образом, поступление грунтовых вод в водосточную сеть является неизбежным и должно учитываться при расчете и проектировании сети, которая фактически является дренажно-водосточной системой водоотведения с городских территорий.

Таблица 4.12.

Величины метеорологических параметров для некоторых регионов РФ

Район	Значение при		m_r	γ
	$P \geq 1$	$P < 1$		
Побережье Белого и Баренцева морей	0,4	0,35	130	1,33
Север европейской части и Западной Сибири	0,62	0,48	120	1,33
Равнинные области запада и центра европейской части	0,71	0,59	150	1,54
Возвышенности европейской части, западный склон Урала	0,71	0,59	150	1,54
Нижнее Поволжье	0,66	0,66	50	2
Наветренные склоны возвышенностей европейской части и Северное Предкавказье	0,7	0,66	70	1,54
Ставропольская возвышенность, северные предгорья Кавказа, сев. склон Большого Кавказа	0,63	0,56	100	1,82
Южная часть Западной Сибири	0,72	0,58	80	1,54
Средняя Сибирь	0,69	0,47	130	1,54
Восточная Сибирь	0,6	0,52	90	1,54

Таблица 4.13.

Значения коэффициента покрова Z для различных поверхностей

Вид поверхности	Z
Брусчатые мостовые	0,224
Булыжные мостовые	0,145
Щебеночные покрытия	0,125
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09
Грунтовые поверхности	0,064
Газоны	0,038

Таблица 4.14.

Определение средневзвешенного значения коэффициента покрова Z_{mid}

Вид покрытия	Доля покрытия в общей площади f_i	Z	$f_i \cdot Z$
Кровля и асфальт ($A=400$)	0,25	0,3	0,075
Газоны	0,35	0,038	0,013
Грунтовые поверхности	0,25	0,064	0,016
Гравийные дорожки	0,15	0,09	0,014

$$\Sigma f_i \cdot Z = 0,118$$

Природная составляющая грунтового стока включает:

- грунтовый сток от профильтровавшихся в грунт дождевых и талых вод;
- естественная разгрузка артезианских водоносных горизонтов через верхние слои грунта.

Антропогенная составляющая грунтового стока включает:

- потери в сетях водопровода, канализации и теплоснабжения;
- аварийные сбросы из водопровода и канализации;
- водоотлив при осушении строительных котлованов.

Однако, в отличие от поверхностного стока, надежных методик расчета грунтового стока, особенно его антропогенных составляющих, в городских условиях нет. Расчеты грунтового стока базируются, как правило, на

экспертных оценках. Так например в табл. 4.15 приведены среднегодовые расходы суммарного поверхностного и грунтового стока с территории г.Москвы, определенные на основе экспертных оценок. Из приведенных данных следует, что антропогенная составляющая стока в Москве составляет около 50% от общего стока с территории города.

Таблица 4.15

Объем стока с территории г. Москвы на основе модуля стока по расходам воды в реках для среднего по водности года

Составляющая компонентов питания рек	Модуль стока $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ 1000км^2	Объем стока в среднем по водности году, млн. м^3
Поверхностный сток от атмосферных осадков	4,6	151,0
Грунтовый сток от атмосферных осадков	2,0	65,5
Потери в сетях трубопровода, теплоснабжение и канализация	3,0	98,5
Аварийные и технологические сбросы из водопровода и канализации	3,5	115,0
Поливо-мочные воды	0,1	3,15
Промышленные сбросы	3,4	108,0
Всего	16,6	541,1

Вместе с тем гидравлический расчет водосточной сети ведется с учетом принятого периода однократного переполнения P на пропуск максимально секундных расходов воды, в которых преобладающее значение имеет поверхностный сток.

Величина грунтового стока и промышленных сбросов в сухой период, называемая базисным стоком, в периоды выпадения сильных дождей относительно невелика и составляет 10-20% от максимально секундного расхода стоков.

Следует отметить, что по принятым в Германии нормам расчетный расход в канализационных сетях увеличивают на 10% для учета инфильтрации грунтовых вод в сеть.

Среднегодовые расходы стоков, поступающих в водосточную сеть, используют для оценки объема загрязнений, поступающих в водосточную сеть. Исследования, проведенные в институте «МосводоканалНИИпроект» на водосточной сети г. Москвы и других городов, свидетельствуют о крайней нестабильности величин показателей загрязнения. Даже в одновременно отобранных пробах одного водотока показатели загрязнений могут изменяться на порядок. Поэтому приводимые ниже результаты носят оценочный характер и требуют дальнейших уточнений. В табл. 4.16 приведены данные по 7 из 21 показателя загрязнений, которые превышали величины ПДК.

При рассмотрении приведенных в табл. 4.16 данных можно отметить, что поступающие в водосточную сеть стоки имеют наиболее существенные загрязнения по нефтепродуктам и взвешенным веществам, и именно по этим показателям доля, приходящаяся на водосточную сеть, весьма значима в общем объеме загрязнений, поступающих в р.Москву.

Таблица 4.16

Показатели загрязнений в поверхностном стоке, превышающие величины ПДК

Показатели	Концентрация, мг/л			
	ПДК	Максимальные значения	Средние значения	Усредненные минимальные значения
Взвешенные вещества	10	72,0	34,0	8,0
Нефтепродукты	0,3	5,7	0,78	0,134
Марганец	0,1	0,9	0,2	0,04
Железо	0,3	3,0	1,44	1,1
Азот аммонийный	2,0	2,26	1,57	0,92
ХПК	30,0	102	40	17
БПК	6,0	46	15,2	2,5

Схемы водосточных сетей. При образовании и последующем развитии городов коренным образом меняются условия отвода поверхностного и грунтового стока с водосборных территорий. В естественных условиях

дождевые и талые воды стекают по склонам, образуя «ручьи» и «речки», которые впадают в более крупные реки. Одновременно тальвеги и долины ручьев и рек дренируют окружающую территорию, принимая грунтовый сток. В пониженных местах рельефа с затрудненным естественным отводом воды образуются водоемы в виде прудов и заболоченных участков земли, играющие роль регулирующих резервуаров.

При развитии города происходит трансформация рельефа, которая может существенно изменить естественные условия приема и отвода атмосферных осадков:

- значительная часть территории покрывается водонепроницаемыми покрытиями (крыши зданий, тротуары, улицы, площади, дороги и автостоянки);
- засыпаются естественные котлованы и тальвеги;
- прокладываемые улицы и дороги трансформируют естественную гидрографическую сеть на городских территориях.

Проектируемая городская водосточная сеть предназначена для отвода выпадающих атмосферных осадков и части грунтовых вод с целью предотвращения подтопления и затопления городских территорий, подземных коммуникаций и сооружений города.

Сеть проектируется как система самотечных трубопроводов, прокладываемых с максимальным использованием существующего уклона поверхности городских территорий.

Схема водосточной сети выбирается с учетом следующих основных факторов:

- 1) Учет очередности строительства, возможность поэтапного ввода в эксплуатацию водоотводящей сети.
- 2) Максимальное сохранение природной гидрографической сети города, т.е. использование тальвегов и русел ручьев и рек для прокладки коллекторов, а существующих водоемов в качестве регулирующих резервуаров.

- 3) Обеспечение территориального расположения проектируемых (одновременно или позднее) очистных сооружений и регулирующих резервуаров атмосферных осадков.
- 4) Нежелательность использования дюкеров на водосточной сети.
- 5) Трассирование водосточной сети с учетом существующей и особенно перспективной планировки улиц, дорог и автострад города, исключаящее дорогостоящую перекладку коллекторов при строительстве подземных переходов, развязок и других заглубленных транспортных сооружений.
- 6) Необходимость размещения мест депонирования снега, убираемого с городских улиц, с последующей очисткой стока талых вод перед их сбросом в реки и водоемы.
- 7) Исключение устройства (или минимизация количества) насосных станций для перекачки воды, отводимой водосточной сетью.
- 8) Минимизация количества выпусков водостоков в водоемы для обеспечения мониторинга качества сбрасываемых стоков в режиме реального времени и сокращения затрат на сооружение этих дорогостоящих гидротехнических сооружений.

С учетом вышеизложенного, при проектировании водосточной сети наиболее предпочтительной становится децентрализованная схема трассировки сети с прокладкой перехватывающих водосточных коллекторов по тальвегам и забором ручьев и малых рек в коллекторы.

Фактически при проектировании водосточной сети города происходит целенаправленная трансформация естественной гидрографической сети города в коллекторно-речную систему, обеспечивающую, наряду с отводом поверхностного стока от выпадающих атмосферных осадков, дренаж и отвод грунтовых вод с городских территорий.

Конкретный выбор схемы водосточной сети диктуется фактическим рельефом и гидрогеологическими условиями городской территории,

санитарным состоянием и перспективой рекреационного использования ее рек и водоемов и производится на основе технико-экономического сравнения возможных вариантов схемы водоотведения.

Разработка схемы ведется на плане города (масштаб от 1:2000 до 1:10000). На схему наносят границы бассейнов водоотведения, трассируют коллекторы и водоотводящую сеть. Намечают места расположения регулирующих резервуаров, очистных сооружений и выпусков в реки и водоемы. На схеме фиксируют границы и длины расчетных участков.

Разработанная и согласованная схема водоотведения является основой для гидравлического расчета водоотводящей сети.

Расчет и проектирование водосточных сетей должен производиться на максимальный расход, соответствующий критической продолжительности дождя.

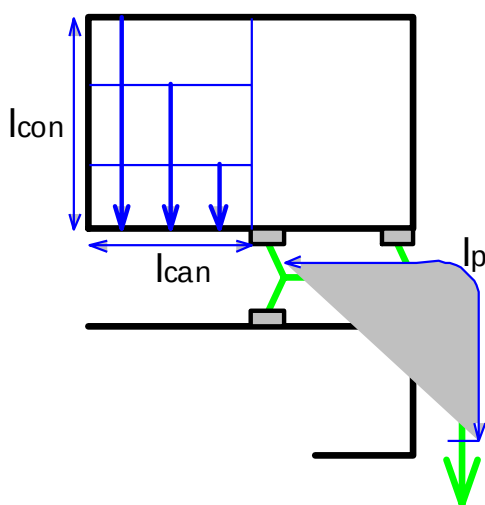


Рис. 4.39. Схема к определению критической продолжительности дождя.

Критическая продолжительность дождя равна времени добегания воды от наиболее удаленной точки площади стока до расчетного участка (рис. 4.39) и определяется по формуле:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p,$$

где t_{con} - время поверхностной концентрации, принимаемое при наличии внутриквартальной сети - 5 мин., при ее отсутствии - 10 мин.; t_{can} - время

пробега воды по уличному водосточному лотку; t_p – время пробега воды по трубопроводам водоотводящей сети.

Время пробега воды по водосточному лотку рекомендуется определять по формуле:

$$t_{can} = 1,25 \cdot l_{can} / (v_{can} \cdot 60), \text{ мин}$$

где l_{can} – длина лотка, м, v_{can} – скорость движения воды в конце лотка, м/с, 1,25 – коэффициент, учитывающий что средняя скорость воды по длине лотка меньше, чем в его конце.

Время движения воды по трубопроводам водоотводящей сети следует рассчитывать по формуле:

$$t_p = \Sigma l_p / (v_p \cdot 60), \text{ мин},$$

где l_p – длина расчетных участков сети, м; v_p – скорость движения воды на соответствующих участках, м/с.

С учетом этих зависимостей уравнение критической продолжительности приобретает следующий вид:

$$t_r = t_{con} + 1,25 \cdot l_{can} / (v_{can} \cdot 60) + \Sigma l_p / (v_p \cdot 60), \text{ мин}.$$

Таким образом получаем формулу для определения расхода дождевых вод приобретает вид:

$$q_r = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1.2} \cdot F \cdot K}{t_r^{1.2n-0.1}}, \quad \text{л/с}$$

При $t_r < 10$ мин в формулу расхода дождевых вод рекомендуется вводить поправочный коэффициент 0,9 при $t_r = 7$ мин и 0,8 при $t_r = 5$ мин.

Расчетный расход при подборе диаметра трубопроводов корректируют с учетом наличия свободной емкости водосточной сети перед началом дождя расчетной интенсивности

$$q_{cal} = \beta \cdot q_r$$

где β – коэффициент, учитывающий степень заполнения сети в зависимости от параметра n

n	$\leq 0,4$	0,5	0,6	$\geq 0,7$
-----	------------	-----	-----	------------

β	0,8	0,75	0,7	0,65
---------	-----	------	-----	------

При уклонах поверхности земли 0,01 ... 0,03 значения коэффициента β следует увеличивать на 10...15%.

Поскольку в расчетные формулы входят значения скорости V_{canIVP} , которыми при использовании метода итерации (последовательного приближения) задаются до начала гидравлического расчета, исходя из фактических уклонов уличных лотков и трубопроводов.

Затем в ходе последующего гидравлического расчета заданные значения скоростей уточняют и расчетный цикл повторяют до получения погрешности в пределах 5%.

Рассчитанные водосточные сети проверяют на пропуск расходов талых вод в весенний период снеготаяния. Продолжительность снеготаяния составляет около 10 ч в день.

Для определения расхода талых вод используют следующую формулу:

$$q = 5,5 / (10 + T) \cdot h_c \cdot K \cdot F, \text{ л/с}$$

где T – продолжительность добегания талой воды до расчетного створа, ч; h_c – слой талого стока за 10 дневных часов, мм (табл. 4.17); K – коэффициент, учитывающий частичный вывоз и окучивание снега, $K = 0,4 \dots 0,7$; F – площадь стока, га.

Таблица 4.17

Величина слоя воды талого стока h_c за 10 часов

Район отведения талых вод	Слой талого стока при $P = 2$ года, мм	Слой талого стока при $P = 5$ лет, мм
Средняя полоса южнее Москвы, Новосибирска, Иркутска	25	31
Севернее Москвы, Новосибирска, Иркутска до Полярного круга	20	25

Крайний Север	15	19
Юг Сибири и степные районы европейской части	7	16

Особенности конструирования водосточных сетей. Водосточные сети прокладывают, как правило, во вторую очередь, когда водопроводные и канализационные сети уже построены и их расположение принимается во внимание при трассировании водостоков. Возможный вариант взаимного расположения подземных коммуникаций приведен на рис. 4.4. Водосточные коллекторы прокладывают обычно вдоль оси улиц, с подключением к ним дождеприемников, располагаемых вдоль бордюрного камня в месте сопряжения дорожного полотна и тротуара.

Дождеприемники представляют собой камеры, перекрытые чугунными решетками на уровне покрытия дороги.

В плане дождеприемники могут быть круглые диаметром 700 или 1000 мм и прямоугольные 600х900 мм. Они выполняются из кирпича, бетона или железобетона. Вода из дождеприемника по соединительной ветке отводится в водосток. Соединительные ветки располагают ниже глубины промерзания.

В зарубежной практике используют дождеприемники, решетка которых жестко связана с несущим дорожным покрытием, что позволяет работать им совместно при зимних деформациях земляного полотна и не разрушать его при оттаивании. Использование современных пластмассовых камер заводского изготовления, а также соединительных веток и коллекторов из пластмассовых труб существенно снижает стоимость строительства водосточных сетей.

Дождеприемники следует устанавливать:

- на затяжных участках спусков через определенные расстояния, определяемые расчетом, исходя из максимальной ширины потока в лотке перед решеткой, равной 1 м;

- на перекрестках и пешеходных переходах со стороны притока поверхностных вод;

- в пониженных местах при пилообразном профиле лотков улиц;

- в пониженных местах площадей, дворовых и парковых территорий, площадок парковки автомобилей.

В последнее время, особенно в практике строительства жилых комплексов повышенного уровня комфортности, проектируют внутриквартальные водосточные сети, которые позволяют непосредственно подключить к ним выпуски стояков внутренних водостоков. Это позволяет избежать образования дополнительных наледей на проезжей части улиц и проездов в зимний период.

Пример рационального размещения дождеприемников у индивидуального жилого дома приведен на рис. 5.15.

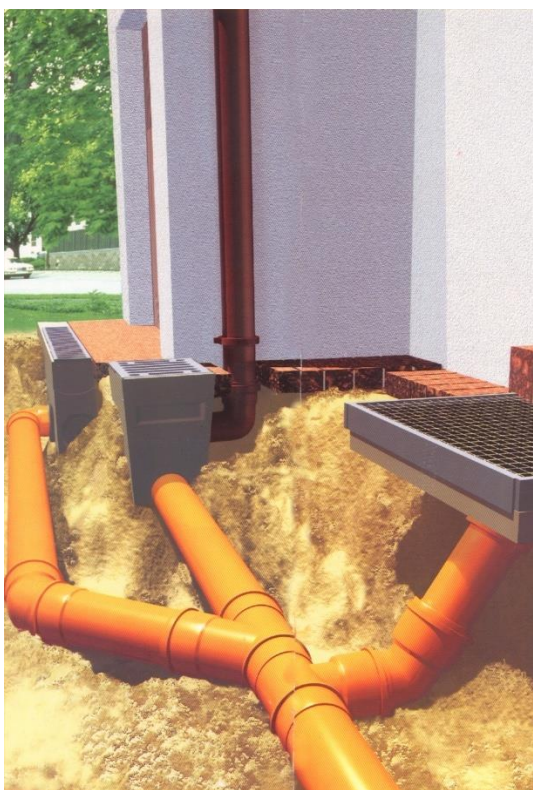


Рис. 4.40. Пример размещение дождеприемников и отводных линий около жилого дома

4.7. Очистка поверхностного стока

Основная масса загрязнений сточных вод, отводимых водосточными сетями, представлена взвешенными веществами и нефтепродуктами.

Учитывая, что по этим показателям доля водосточной сети в общей массе сбросов весьма значительна (например, для р. Москвы доля загрязнений, поступающих из водостоков, составляет 20,8% по взвешенным веществам и 39% по нефтепродуктам, становится очевидной необходимость очистки дождевых стоков перед их выпуском в водоем.

В настоящее время на водосточных сетях запроектированы, построены и эксплуатируются очистные сооружения, рассчитанные, в основном, на задержание взвешенных веществ и нефтепродуктов, которые конструктивно и технологически подразделяются на следующие основные типы:

- щитовые заграждения в акваториях рек на выпусках водосточных коллекторов;
- пруды-отстойники;
- сооружения камерного типа с фильтрами доочистки;
- промливневые очистные сооружения с физико-химической очисткой и фильтрами доочистки.

Щитовые заграждения представляют собой полупогружную перегородку между оголовком дождевого коллектора и основным руслом реки (рис. 4.40).

Часть отгороженной речной акватории между оголовком коллектора и щитовым заграждением работает как отстойник-нефтеловушка и предотвращает попадание в речное русло аварийных и залповых сбросов. Удаление задержанных загрязнений производится периодически с использованием специальных плавсредств.

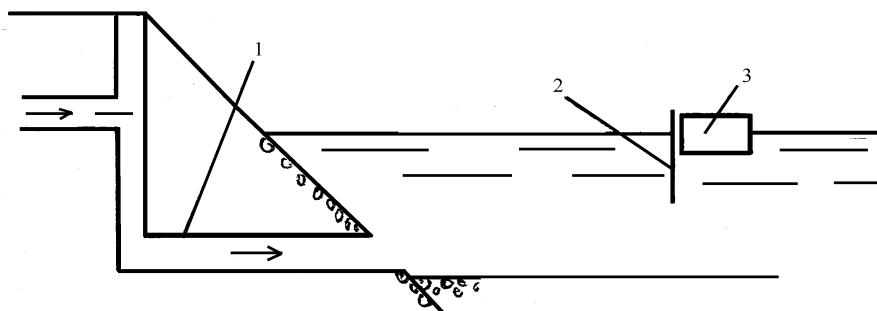


Рис. 4.41. Схема щитового заграждения:

1 - береговой выпуск дождевого коллектора; 2 - полупогружная перегородка; 3 - понтоны

Пруды-отстойники представляют собой железобетонные открытые емкости, выполненные в виде горизонтальных отстойников с решетками для задержания мусора и маслосборниками (рис. 4.42).

После прудов-отстойников возможно устройство искусственных или использование естественных водоемов для доочистки осветленной в отстойниках воды. В этой схеме также применяется доочистка на фильтрах.

Выпавший осадок периодически удаляется из прудов-отстойников экскаваторами.

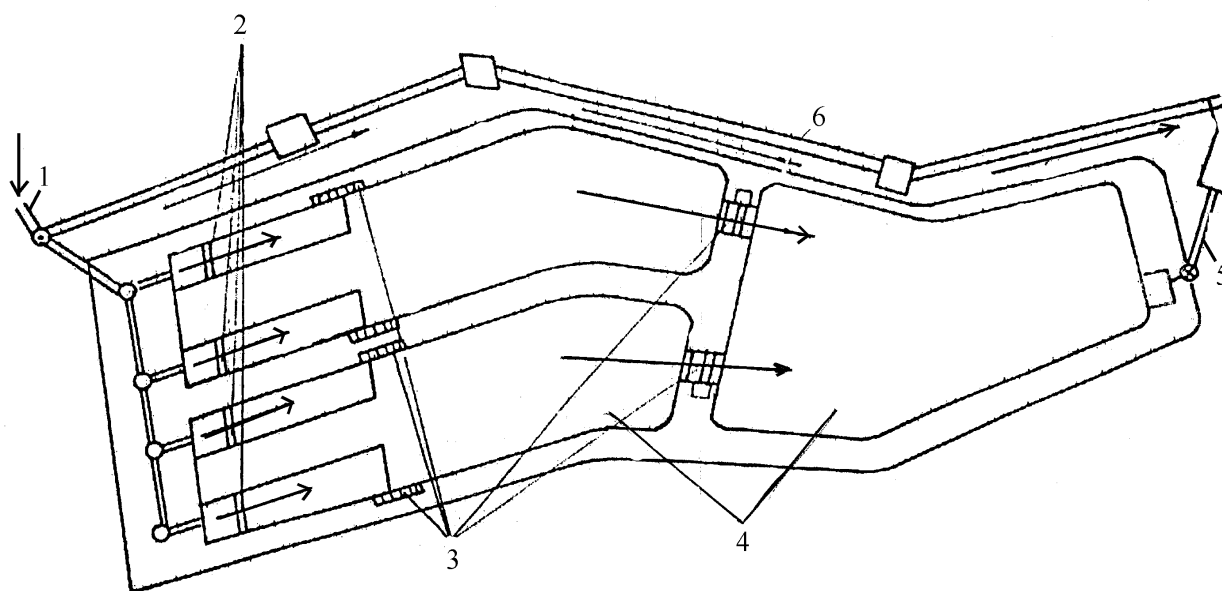


Рис. 4.42 Схема пруда-отстойника:

1 - вход воды; 2 - решетки; 3 - маслосборники; 4 - пруды-отстойники; 5 - выпуск осветленной воды; 6 - обводной коллектор

Сооружения камерного типа технологически аналогичны описанным выше прудам-отстойникам. Конструктивно от последних они отличаются лишь наличием верхнего покрытия, предохраняющего их от промерзания в зимний период.

Проведенный сравнительный анализ качества воды в выпусках водостоков в р. Москву показал, что на коллекторах, оборудованных очистными сооружениями, концентрация взвешенных веществ и нефтепродуктов примерно в 2 раза ниже, чем на выпусках без очистных сооружений.

Для очистки поверхностного стока ограниченных территорий (промышленных площадок, стоянок автотранспорта и др.) применяют компактные моноблочные очистные сооружения. Схема на примере сооружения фирмы "КУБОСТ" представлена на рис. 4.43.

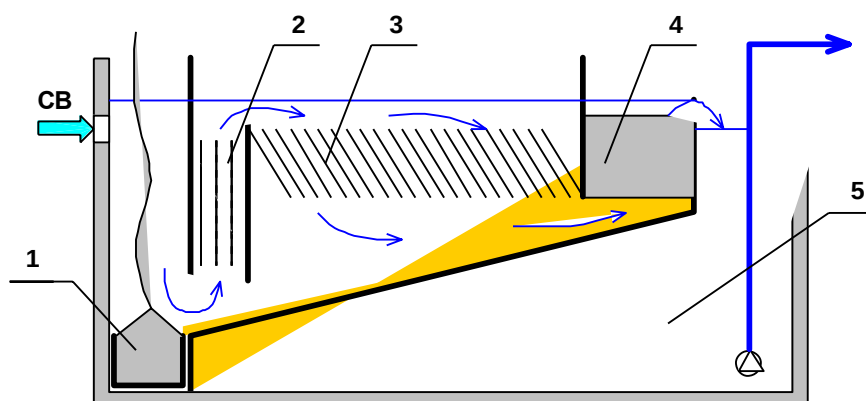


Рис. 4.43. Моноблочное сооружение очистки поверхностного стока типа "КУБОСТ – 3":

1 – грязеотстойник; 2 – электро-коагулятор; 3 – тонкослойный модуль; 4 – камера фильтров; 5 – РЧВ

Для очистки поверхностного стока достаточно больших территорий, включая автомобильные развязки, территории торговых комплексов и т.п., при сбросе очищенных сточных вод в поверхностные водоемы требуется достаточно глубокая степень очистки сточной воды. Для решения этой задачи применяются групповые очистные сооружения поверхностного стока. Необходимая степень очистки, в том числе по содержанию нефтепродуктов

достигается при использовании многоступенчатых систем очистки поверхностного стока производительностью 50...200 м³/час.

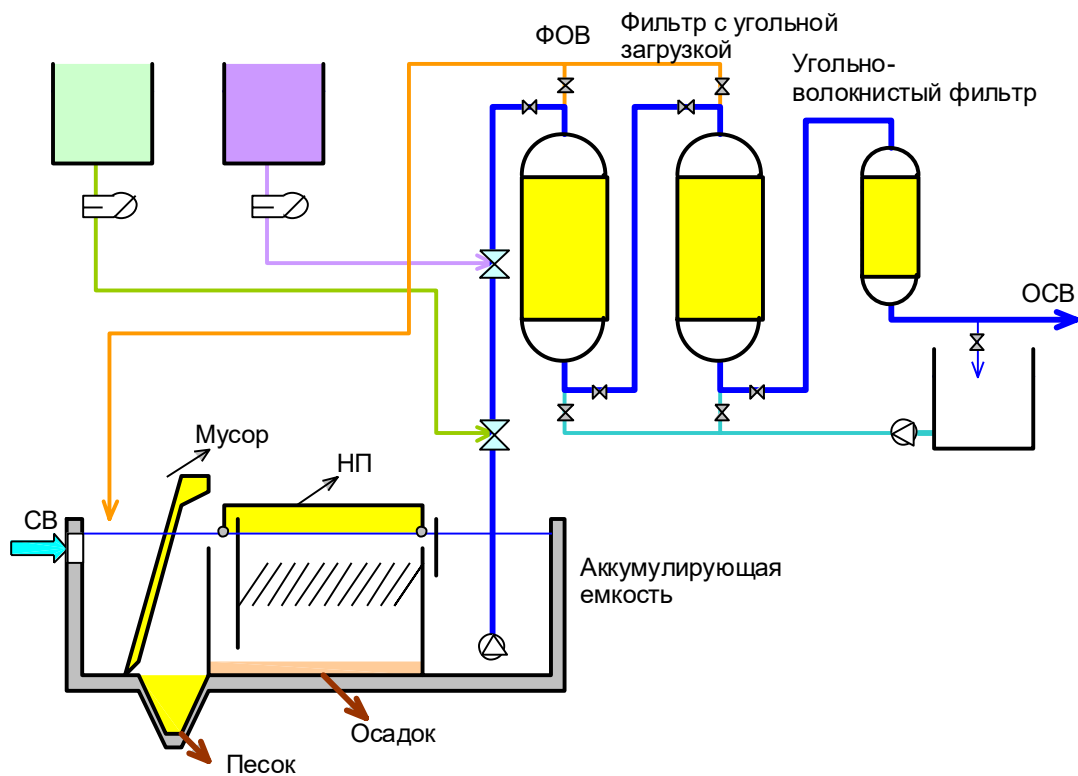


Рис. 4.44. Сооружения очистки поверхностного стока фирмы "Росэкострой":

СВ – подача неочищенного поверхностного стока после резервуар-усреднителя; ОСВ – очищенная сточная вода; НП – удаление нефтепродуктов; БПВ – бак промывной воды; ФОВ – фильтр освещительный вертикальный напорный.

Представленная на рис.4.44. технологическая схема сооружений очистки поверхностного стока позволяет получить следующие показатели качества очистки: содержание нефтепродуктов – менее 0,05 мг/л, содержание взвешенных веществ – менее 3 мг/л, значение показателя БПК – менее 3 мг/л.

Получаемое качество промливневого стока, очищенного на групповых очистных сооружениях, позволяет его повторно использовать для заправки поливо-моечных машин.

Накопленный опыт эксплуатации различных типов очистных сооружений на водосточных сетях позволяет сделать следующие выводы:

- наиболее дешевые по стоимости и простые по конструкции щитовые заграждения достаточно эффективны и обеспечивают удовлетворительную защиту водоемов от аварийных и залповых несанкционированных сбросов загрязнений;

- пруды-отстойники и сооружения камерного типа при аналогичной эффективности значительно более капиталоемки и целесообразность их широкого размещения вызывает сомнения;

- наиболее эффективными являются групповые сооружения очистки промышленного ливневого стока с повторным использованием очищенной воды.

4.8. Сооружения для переработки снега в городах

В последние годы особую актуальность приобрела проблема уборки и удаления снега с городских улиц и проездов. Из-за значительной загрязненности снега, выпадающего на городских территориях, сброс его в городские водоемы запрещен по экологическим требованиям (табл. 4.18). Вывоз снега за пределы города на специально подготовленные полигоны экологически неприемлем.

Таблица 4.18.

Сравнительные показатели загрязнения убираемого снега, мг/л

Наименование загрязнения	ПДК для воды рыбо- хоз. водое- мов	ПДК СанПиН (культ.бы т.)	Снег с улиц		Норматив приема в канализац ию
			Среднее знач.	Макс. знач. 90% обесп.	
Взвешенные вещества	7,25	10	974,3	3500,0	500,0
Нефтепродукты	0,05	0,3	23,8	64,0	4,0
Хлориды	300	350	1386,8	5500,0	350,0
Сульфаты	100	500	111,3	180,0	500,0

Азот аммонийный	0,4	2	1,6	3,5	
--------------------	-----	---	-----	-----	--

Фоновым загрязнением снега являются пылевые загрязнения, неравномерно осаждающиеся в зависимости от уровня загрязненности атмосферы и направления господствующих ветров. Осевшие частицы пыли во время оттепелей и весеннего снеготаяния смываются в водные объекты. Величина пылевого загрязнения является умеренной и не слишком загрязняет почву и воды.

Локальные загрязнения снега связаны с накоплением загрязняющих веществ при несвоевременной уборке мусора в местах его интенсивного образования (рынки и т.д.). Весной эти скопления медленно тают, интенсивно загрязняя почву и воду на локально ограниченных участках.

Наиболее значительными и опасными являются загрязнения снега на дорогах, где, как показывают измерения, снег загрязняется противогололедными реагентами и особенно сильно, имеющими высокую токсичность, нефтепродуктами. Именно эти загрязнения оказывают дестабилизирующее влияние на водные экосистемы, делая их опасными для человека.

Сильное влияние загрязнений, убираемого с дорог снега на экологическую обстановку, связано с огромными площадями дорог в территориальном балансе города. Загрязнение снега нефтепродуктами вызывается интенсивным движением транспорта и морозным выветриванием асфальтовых покрытий при воздействии противогололедных смесей и отсутствии постоянного снежного покрова (большое количество ежегодных циклов замораживания и оттаивания, намного превышающее морозостойкость покрытия).

Продукты выветривания асфальта осаждаются на дне водотоков и водоемов, вызывая отравление токсикантами всей трофической цепи экосистемы.

Снижение загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами до уровня требований санитарных норм по воде предусматривает уменьшение уровня концентрации нефтепродуктов в стекающей с территории города воде примерно втрое (до 0,3 мг/л).

В этой связи экономически наиболее приемлемым вариантом решения этой проблемы является использование транспортирующей способности самотечных канализационных коллекторов, которое возможно по следующим направлениям: зимнее депонирование снега на «сухих» снегосвалках; сброс снега в снегосплавные камеры с последующим отводом талой воды в канализационную сеть.

Размещение «сухих» снегосплавов возможно на свободных или резервных городских территориях. «Сухая» снегосвалка располагается на железобетонном водонепроницаемом основании (рис. 4.45).

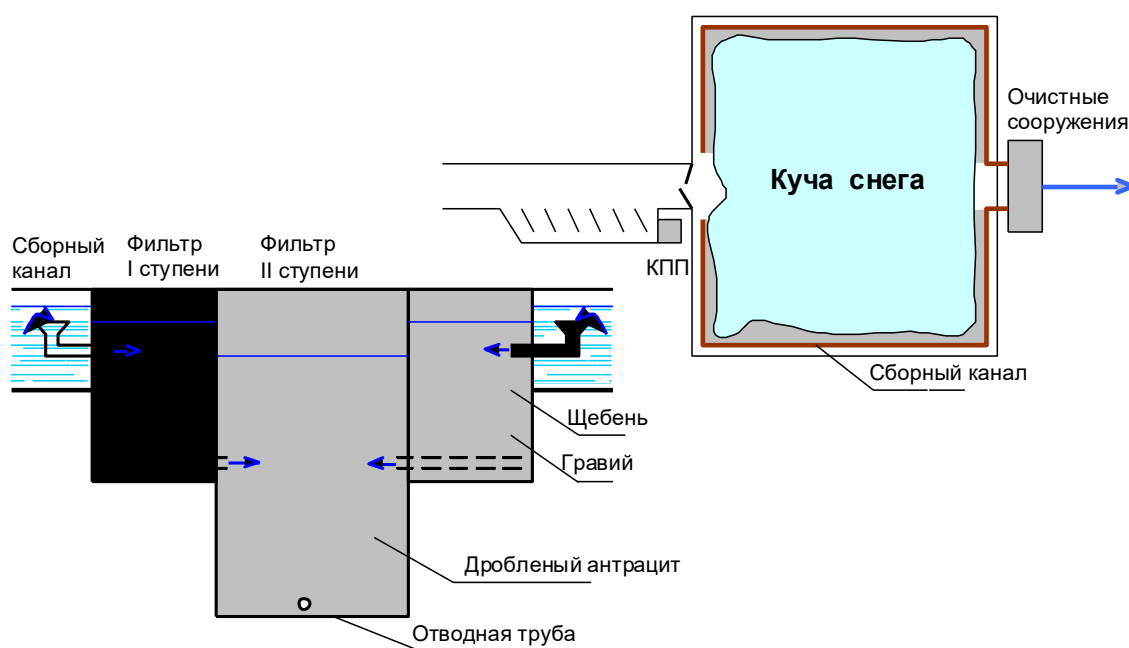


Рис. 4.45 Схема устройства «Сухой» снегосвалки с локальными очистными сооружениями сезонного действия.

При весеннем таянии накопленного за зимний период снега, талая вода по сборному каналу отводится на очистные сооружения, возможная схема которых также приведена на этом рисунке. После локальной очистки талые

воды сбрасываются на рельеф (если снегосвалка находится на окраине города) или в городскую канализацию и поступают на городские очистные сооружения.

С экологической точки зрения данная схема удаления снега наиболее предпочтительна (вариант полураздельной системы водоотведения), однако ее реализация обусловлена наличием достаточного количества свободных городских территорий для размещения «сухих» снегосвалок.

Для размещения снегосплавных камер на канализационных сетях требуется значительно меньшая свободная городская территория, одно из возможных конструктивных решений таких камер приведено на рис. 4.46.

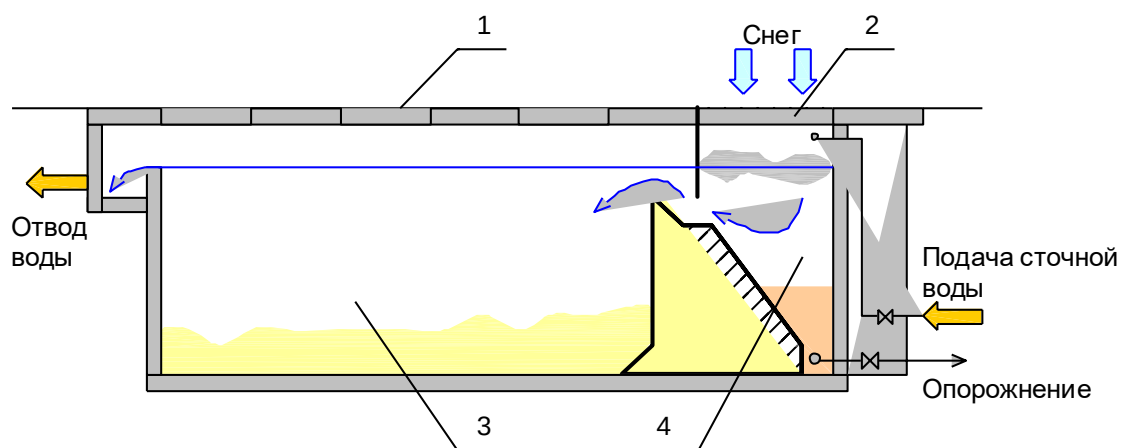


Рис. 4.46. Двухсекционная снегосплавильная камера с улавливанием песка и крупных включений:
1 – плиты перекрытия камеры; 2 – снегоприемная решетка; 3 – секция отстаивания; 4 – секция плавления снега совмещенная с песколовкой.

Разработанная конструкция снегосплавной камеры предусматривает растапливание сточной водой сбрасываемого снега в течение всего зимнего периода уборки и вывоза снега. Выделяющиеся из снега мусор и песок предусматривается улавливать в специальных отделениях. Отвод талой воды осуществляется через городскую канализационную сеть на очистные сооружения.

Наиболее приемлемым решением проблемы удаления снега, вывозимого с убираемых городских территорий, является сочетание «сухих» снегосвалок и снегосплавных камер, размещаемых с учетом наличия свободных территорий, а

также диаметров и трасс городских канализационных коллекторов, способных обеспечивать растаивание снега и отвод талой воды.