МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Н.И. Ишева, Б.М. Гришин, М.В. Бикунова

ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЫТОВОЙ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для бакалавров,
обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» направленность
«Водоснабжение и водоотведение»

Пенза 2015

УДК 628.218.24
ББК 31.57
И97

Рецензенты: зам. директора по новой технике и инвестициям ООО «Горводоканал» г. Пензы П.В. Пивоваров;
кандидат технических наук, доцент А.С. Кочергин (кафедра «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» ПГУАС)

Ишева Н.И.
И97 Водоотводящие сети. Проектирование бытовой водоотводящей сети: учебное пособие / Н.И. Ишева, Б.М. Гришин, М.В. Бикунова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 112 с.

Изложены основные вопросы проектирования водоотводящих сетей населенных пунктов. Рассмотрены порядок выполнения проекта, рекомендации по выбору системы и схемы водоотведения населенного пункта. Представлена методика расчета бытовой водоотводящей сети и сооружений на ней. Приведены основные сведения по устройству водоотводящих сетей. Дан пример расчета водоотводящих сетей для населенного пункта.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению 08.03.01 «Строительство» направленность «Водоснабжение и водоотведение», очной и заочной форм обучения при разработке как курсовых, так и выпускных квалификационных работ.

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015
© Ишева Н.И., Гришин Б.М., Бикунова М.В., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Водоотведение сточных вод является одной из основных специальных дисциплин, которую изучают студенты по направлению 08.03.01 «Строительство» (профиль «Водоснабжение и водоотведение»). В процессе освоения этой дисциплины будущие бакалавры готовятся решать задачи отвода использованных и отработавших вод за пределы населенных пунктов и промышленных предприятий.

В настоящем учебном пособии представлены материалы, необходимые для расчета и конструирования канализационных сетей в рамках курсового и дипломного проектирования для очной и заочной формы обучения. Учебное пособие подготовлено в полном соответствии с учебной программой по дисциплине «Водоотводящие сети».

Данное пособие состоит из девяти разделов и восьми приложений.

В первом разделе приводятся виды сточных вод, образующихся на территории населенных пунктов и промышленных предприятий.

Во втором разделе дается краткая характеристика различных систем водоотведения населенных пунктов.

В третьем разделе рассматриваются основные схемы водоотводящих сетей приведенных систем водоотведения.

Четвертый раздел посвящен принципам трассировки водоотводящих сетей.

В пятом разделе в полном объеме раскрываются вопросы определения расчетных расходов сточных вод.

В шестом разделе приводится методика гидравлического и геодезического расчета водоотводящих сетей.

Седьмой раздел посвящен устройству водоотводящей сети.

В восьмом разделе дается необходимая информация для проектирования канализационных насосных станций.

В девятом разделе приводится пример выполнения курсового проекта.

Учебное пособие направлено на формирование у студентов профессиональных компетенций, таких как: знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК-1); знание правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием (ПК-12).

ВВЕДЕНИЕ

Состояние окружающей среды и условия проживания населения определяют одну из наиболее острых социальных проблем, прямо или косвенно затрагивающих интересы каждого человека. Актуальность данного вопроса в значительной степени зависит от состояния инженерной инфраструктуры, в первую очередь сетей водоснабжения и водоотведения, играющих важную роль в функциональном жизнеобеспечении населенных мест.

Населенные пункты и промышленные предприятия должны иметь комплекс подземных самотечных трубопроводов, очистных и других сооружений, с помощью которых осуществляются отвод использованных и отработавших сточных вод, очистка и обеззараживание их, а также обработка и обезвреживание образующихся при этом осадков с одновременной утилизацией ценных веществ. Такие комплексы называются системами водоотведения. Системы водоотведения устраняют все негативные последствия от воздействия сточных вод на окружающую природную среду.

Цель настоящего учебного пособия – научить будущих специалистов осуществлять выбор водоотводящих систем для населенных мест и промышленных предприятий с учетом санитарных и технико-экономических требований; проектировать бытовые водоотводящие сети и сооружения на них; анализировать и исследовать водоотводящие системы и сети, а также сооружения на них.

При подготовке данного пособия авторы стремились привести основные материалы по расчетам и конструктивным особенностям водоотводящих сетей, позволяющие студентам самостоятельно выполнять курсовой проект «Водоотводящие сети населенного пункта».

Ниже приводится примерный состав курсового проекта.

Курсовой проект разрабатывается на основании выданного руководителем задания на проектирование, в котором приводятся характеристика объекта проектирования (месторасположение населенного пункта, плотность населения, степень благоустройства зданий, состав грунтов, сведения по промышленным объектам и т.д.), а также генеральный план населенного пункта.

В данном проекте решаются вопросы отведения бытовых сточных вод на очистные сооружения.

Проект выполняется в следующей последовательности:

1. Производится анализ исходных данных и принимается система водоотведения населенного пункта.

2. На генплане населенного пункта выбираются место для очистных сооружений, а также возможное месторасположение главной насосной станции.

3. Производится трассировка бытовой водоотводящей сети, и определяются площади жилой застройки, тяготеющие по падению рельефа местности к участкам уличной сети.

4. Определяются расходы бытовых сточных вод от жилой застройки, промышленного предприятия и других объектов, не учитываемые при расчете величины удельного водоотведения; составляется суммарный график водоотведения.

5. Определяются расчетные расходы бытовых сточных вод на участках водоотводящей сети от диктующей точки по главному коллектору до главной насосной станции, а также на одном из притоков к главному коллектору.

6. По расчетным участкам сети производится гидравлический и геодезический расчет водоотводящей сети. По данным расчета строится продольный профиль сети.

7. Выполняются расчет и конструирование дюкера.

8. Осуществляется подбор насосов на главной насосной станции и делается привязка к типовому проекту.

9. Производятся расчет и конструирование колодца на водоотводящей сети.

10. Оформляется расчетно-пояснительная записка, и выполняется графическая часть проекта.

Курсовой проект должен включать:

1. Расчетно-пояснительную записку в объеме 25-30 страниц формата А4 (297×210 мм), в которой приводятся исходные данные, обоснование принятой системы и схемы водоотведения, все необходимые технологические, гидравлические, геодезические и технико-экономические расчеты, список использованной литературы.

2. Графическую часть выполняют на чертежном листе формата А1 (841×594 мм), на котором приводятся: генеральный план населенного пункта с сетями бытовой водоотводящей сети и основными сооружениями в масштабе 1:10000 (все расчетные участки нумеруются и на них указывается диаметр); продольный профиль главного коллектора от диктующей точки до главной насосной станции (желательно через дюкер) в определенных масштабах (по горизонтали 1:5000…1:10000, по вертикали 1:100…1:200); чертежи конструктивной детали (колодец, дюкер) в масштабе 1:20, 1:50.

Расчетно-пояснительная записка и графическая часть должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД.

1. ВИДЫ СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды – это воды, образующиеся в процессе трудовой и бытовой деятельности человека, а также воды атмосферных осадков.

Существуют следующие виды сточных вод: хозяйственно-бытовые, производственные и дождевые.

Хозяйственно-бытовые сточные воды поступают в водоотводящую сеть от санитарных приборов – умывальников, раковин, моек, ванн, унитазов, трапов и др., установленных в жилых, административных и коммунальных зданиях, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. В бытовых сточных водах присутствуют загрязнения минерального происхождения, которые находятся в нерастворенном, коллоидном и растворенном состояниях. Органические загрязнения бытовых сточных вод соответствуют $БПК_{полн}$=100…500 мг/л и имеют тенденцию к загниванию.

Производственные сточные воды образуются на предприятиях в результате загрязнения используемой воды отходами сырья, промежуточного или товарного продукта, а также ее нагрева (условно чистые воды).

Количество сточных вод на предприятиях различных отраслей промышленности зависит от мощности предприятий и удельных расходов воды на единицу выпускаемой продукции; а режим притока определяется технологическими процессами отдельных цехов и может быть в течение смены равномерным, неравномерным или в виде разовых (залповых) спусков.

По концентрации органических загрязнений производственные сточные воды могут быть слабоконцентрированными (стоки металлургических и машиностроительных заводов, $БПК_{полн}$=30…70 мг/л), концентрированными (стоки мясокомбинатов и молочных комбинатов, $БПК_{полн}$=800…1500 мг/л), высококонцентрированными (стоки фабрик первичной обработки шерсти, $БПК_{полн}$=15000…20000 мг/л). Производственные сточные воды, поступающие в городскую водоотводящую сеть, не должны содержать взрывоопасных компонентов или загрязнений, агрессивных по отношению к материалу городской сети, образовывать вредных соединений, а также иметь температуру выше 40°С. Смесь производственных и бытовых сточных вод города (городские сточные воды) должна иметь $БПК_{полн}$ не более 500 мг/л при наличии на городской очистной станции биофильтров или аэротенков-вытеснителей и более 1000 мг/л при наличии аэротенков-смесителей, содержать солей не более 20 мг/л и отличаться нейтральной реакцией. Производственные сточные воды в основном должны предварительно пройти локальную очистку, и только после этого они будут подготовлены для совместной очистки с бытовыми стоками города.

Дождевые сточные воды образуются в результате выпадения атмосферных осадков (дождя или снега), а также работы дренажных систем.

Расходы дождевых сточных вод, подверженные значительным колебаниям, изменяются от нуля (в сухую погоду) до максимального значения – 300 л/с на 1 га городской территории. Неочищенные дождевые воды являются существенным источником загрязнения водоемов, причем наиболее загрязненными являются начальные порции дождевой воды; $БПК_{полн}$ дождевых вод с городских территорий достигает 60…80 мг/л, концентрации взвешенных веществ – 500…1000 мг/л, нефтепродуктов – 12…20 мг/л, ионы тяжелых металлов – 1…3 мг/л. Дождевой сток с территорий промышленных предприятий обычно содержит специфические загрязнения, связанные с характером и технологией производства.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются сточные воды?
2. В зданиях какого назначения образуются бытовые сточные воды?
3. Можно ли объединять бытовые и производственные сточные воды?

2. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Комплекс инженерных сооружений, предназначенных для отведения и очистки хозяйственно-бытовых, производственных и поверхностных (дождевых) сточных вод, называют системой водоотведения.

Выбор системы водоотведения принимается на основании рекомендаций [1]. В зависимости от способа удаления сточных вод с территорий населенных пунктов системы водоотведения подразделяются на общесплавные, раздельные (полные и неполные) и полураздельные.

Общесплавная система водоотведения (рис.2.1,а) предполагает отведение на очистные сооружения всех видов сточных вод по одной подземной сети труб и каналов. Для облегчения условий работы насосных станций и очистных сооружений в периоды сильных дождей, а также для уменьшения размеров главных коллекторов на них устанавливают ливнеспуски – камеры, через которые в ближайший водоем сбрасывается часть смеси городских и дождевых сточных вод.

К достоинствам общесплавной системы относятся минимальная протяженность водоотводящих сетей и связанное с этим сокращение количества смотровых колодцев и объемов земляных работ при строительстве.

К недостаткам общесплавной системы относят значительные единовременные затраты на строительство сети большого сечения, более мощных насосных станций и очистных сооружений. В периоды дождей существует опасность подтопления подвальных помещений зданий. Сброс некоторой части загрязнений общего стока через ливнеспуски непосредственно в водоем также нежелателен по экологическим соображениям.

Полная раздельная система водоотведения (рис.2.1,б,д) предусматривает две самостоятельные сети трубопроводов: одну – для хозяйственно-бытовых и загрязненных производственных сточных вод, другую – для отведения поверхностного стока.

При полной раздельной системе имеется не менее двух водоотводящих сетей, каждая из которых отводит близкие по составу сточные воды. Как правило, дождевые воды отводятся самостоятельно на специальные очистные сооружения. При обосновании допускается сброс неочищенных дождевых сточных вод в водоем.

К достоинствам полной раздельной системы водоотведения по сравнению с общесплавной системой следует отнести возможность строительства бытовой сети в качестве первой очереди, а также минимальную стоимость строительства и эксплуатации городских очистных сооружений.

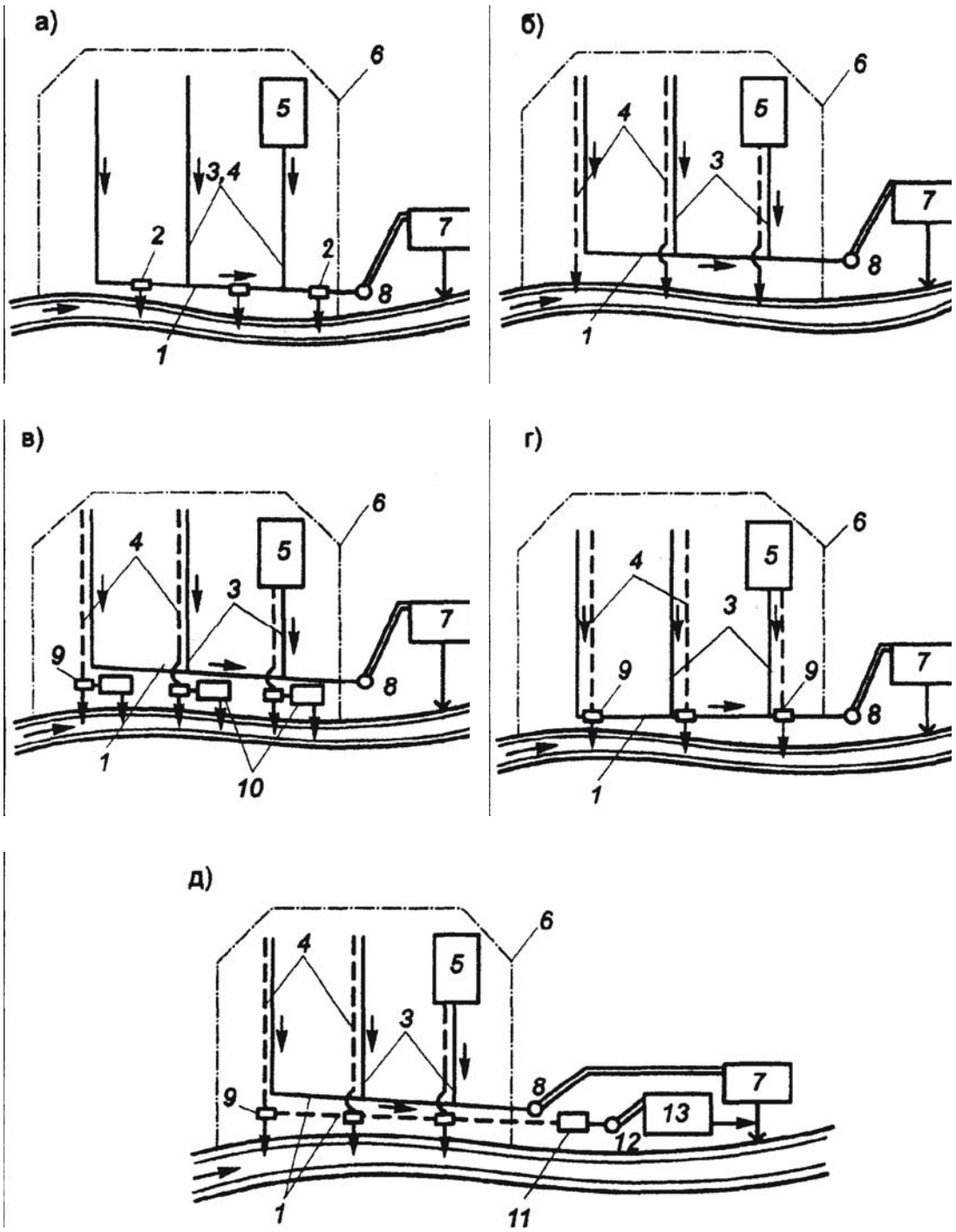

Рис. 2.1. Системы водоотведения:
а – общесплавная; б, д – полная раздельная;
в – неполная раздельная; г – полураздельная;
1 – главный водоотводящий коллектор; 2 – ливнеспуски; 3 – производственно-бытовая сеть; 4 – ливневая сеть; 5 – промышленное предприятие; 6 – граница города; 7 – городские очистные сооружения; 8 – главная насосная станция; 9 – разделительные камеры; 10 – локальные очистные сооружения; 11 – регулирующий резервуар; 12 – насосная станция ливневых вод; 13 – центральные очистные сооружения поверхностного стока

Неполная раздельная система водоотведения предусматривает устройство сети трубопроводов для отвода хозяйственно-бытовых и загрязненных производственных сточных вод и открытой дождевой сети в виде уличных лотков, кюветов и канав, что является допустимым для малых населенных пунктов с числом жителей до 5000 человек. В реальных условиях неполная раздельная система существует как начальный этап освоения полной раздельной системы, способствующей благоустройству и улучшению дорожных покрытий городов.

Полураздельная система (рис. 2.1,г) наиболее экологически чистая: хозяйственно-бытовые, производственные и первые загрязненные порции дождевых сточных вод направляются на очистные сооружения. Данная система предусматривает устройство двух сетей – производственно-бытовой и дождевой, в местах пересечения которых устраивают так называемые разделительные камеры. При малых расходах дождевой воды весь ее объем смешивается в камерах с производственно-бытовыми стоками и поступает в главный коллектор. При больших расходах дождевой воды ее наиболее значительная, но наименее загрязненная часть отводится в водоем без очистки.

К достоинствам полураздельной системы относится возможность поэтапного строительства уличных коллекторов хозяйственно-бытовой сети и коллекторов дождевой сети.

К недостаткам полураздельной системы относятся неустойчивый режим работы главного коллектора с раздельными камерами в период дождя и вызванная этим сложность эксплуатации системы дождевой сети в целом.

Как правило, для курсового проектирования выбирается полная раздельная система водоотведения, однако при реальном проектировании для выбора той или иной системы необходимо технико-экономическое сравнение нескольких вариантов с учетом экологических показателей.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под системой водоотведения?
2. Какая система водоотведения является лучшей в санитарно-гигиеническом отношении?
3. Какие сооружения характерны для полураздельной системы водоотведения?

3. СХЕМЫ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ

Принятую систему водоотведения проектируют по определенной схеме. Ввиду того что водоотводящие сети работают в безнапорном (самотечном) режиме с частичным наполнением труб, выбор схемы зависит от рельефа местности, расположения очистных сооружений и главной насосной станции, наличия наземных и подземных препятствий, грунтовых условий и т.п. [4].

В практике проектирования применяются следующие схемы водоотведения.

1. **Перпендикулярная** (рис. 3.1,а) – коллекторы бассейнов водоотведения трассируются перпендикулярно направлению движения воды в водоеме; применяется в основном для отвода дождевых сточных вод без очистки.

2. **Пересеченная** (рис. 3.1,б) – коллекторы бассейнов водоотведения трассируются перпендикулярно водоему и перехватываются главным коллектором, прокладываемым параллельно водоему; применяется на территориях с хорошо выраженным уклоном рельефа местности к реке для отведения всех категорий сточных вод на очистные сооружения.

3. **Параллельная** (рис. 3.1,в) – разновидность пересеченной схемы – коллекторы бассейнов водоотведения трассируются параллельно движению воды в водоеме, а главный коллектор – перпендикулярно водоему; применяется при резком падении рельефа местности к реке и позволяет исключить повышение скорости движения стоков.

4. **Зонная** (рис. 3.1,г,д) – вся территория населенного пункта разбита, как минимум, на две зоны: с верхней зоны сточные воды поступают по системе трубопроводов на очистные сооружения самотеком, а с нижней зоны сточные воды перекачиваются в главный коллектор верхней зоны или на очистные сооружения; применяется при неравномерном рельефе местности и отсутствии возможности водоотведения сточных вод со всей территории самотеком.

5. **Радиальная** (децентрализованная) – как правило, имеет несколько главных коллекторов и очистных сооружений; применяется в крупных городах со сложным рельефом местности (рис. 3.1,е,ж).

От выбранной схемы водоотводящей сети зависит стоимость системы водоотведения, поэтому необходимо тщательно изучить генеральный план местности и максимально использовать падение поверхности земли при трассировке сети.

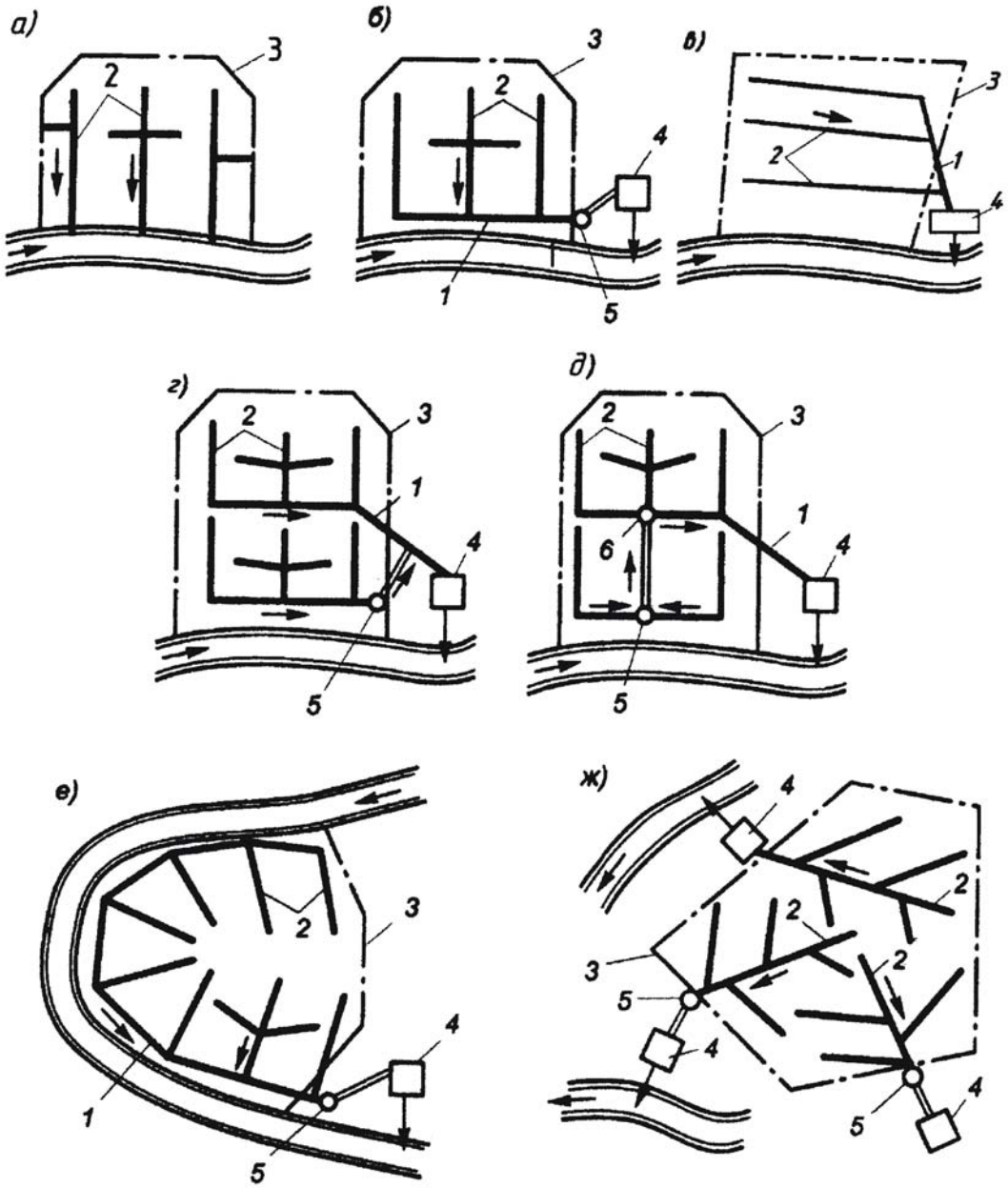

Рис. 3.1. Схемы водоотведения:
а – перпендикулярная; б – пересеченная; в – параллельная;
г, д – зонная; е, ж – радиальная;
1 – главный водоотводящий коллектор; 2 – коллектор бассейна водоотведения;
3 – граница обслуживаемого объекта; 4 – очистные сооружения;
5 – насосная станция; 6 – камера гашения напора

Контрольные вопросы

1. Где прокладывается главный коллектор в пересеченных схемах?
2. При каком рельефе местности используется параллельная схема?
3. Для каких объектов проектируются зонные схемы водоотведения?

4. ТРАССИРОВКА ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Трассировка является одним из важнейших этапов проектирования водоотводящих сетей населенных мест.

Водоотводящие сети трассируют в следующей последовательности:

1) территория населенного пункта линиями водоразделов делится на бассейны водоотведения;

2) по пониженным местам бассейнов водоотведения прокладывается коллектор;

3) коллекторы бассейнов водоотведения перехватываются главным коллектором, который с помощью главной насосной станции, располагаемой в самой низкой точке главного коллектора, направляет сточные воды на очистные сооружения;

4) к намеченным коллекторам присоединяется уличная сеть.

Уличную сеть прокладывают к намеченным коллекторам, разбивая кварталы жилой застройки на простейшие фигуры (треугольники, квадраты, прямоугольники, трапеции), тяготеющие по рельефу местности к данному участку уличной сети. Для уменьшения заглубления уличной сети ее трассируют малыми участками относительно каждого квартала.

Три схемы трассировки уличной сети:

1) объемлющая (рис. 4.1,а) – уличные сети прокладывают по проезжей части и опоясывают квартал со всех сторон; эту схему применяют на местности с плоским рельефом при уклоне поверхности земли $i_{п.з} \leq 0{,}005$;

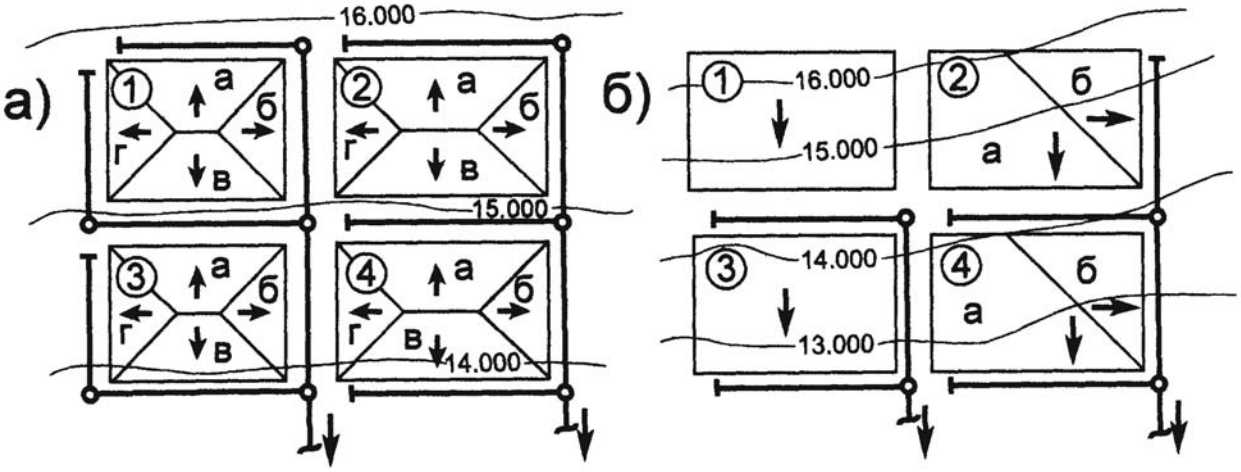

Рис.4.1. Схемы трассировки уличных трубопроводов:
а – объемлющая схема; б – по пониженной стороне квартала

2) по пониженной стороне квартала – уличную сеть прокладывают с одной или двух сторон квартала (рис. 4.1,б); эту схему применяют на местности с ярко выраженным рельефом при $i_{п.з} \geq 0{,}007$;

3) черезквартальная – уличную сеть прокладывают внутри квартала, что сокращает протяженность сети.

Водоотводящие сети следует прокладывать прямолинейно; в местах поворота сети, изменения диаметров и уклонов труб, в местах соединения нескольких труб необходимо устраивать колодцы.

При открытом способе производственных работ допустимо максимальное заглубление в скальных грунтах – 5 м, мокрых – 6 м, сухих – 8 м [4]. При достижении данных глубин устраиваются насосные станции.

Контрольные вопросы

1. С чего начинается трассировка водоотводящей сети?
2. Где прокладываются бассейновые коллекторы водоотведения?
3. В каком случае допускается трассировка уличной сети по объемлющей схеме?
4. При каком рельефе местности используется трассировка уличной сети по пониженной стороне квартала?

5. РАСЧЕТНЫЕ РАСХОДЫ СТОЧНЫХ ВОД

После трассировки водоотводящей сети приступают к определению расчетных расходов.

5.1. Определение расчетных расходов сточных вод от жилой застройки

Для проектирования водоотводящей сети необходимо знать расходы сточных вод, поступающих от населения, по районам, а также в целом по городу.

Расход сточных вод зависит от числа жителей $N_ж$, проживающих в данном районе, и величины удельного водоотведения $q_ж$.

В зависимости от характера зданий, их этажности и степени благоустройства жилого фонда в разных микрорайонах или районах города проживает различное число жителей.

Расчетное число жителей $N_ж$ определяется для каждого района города по формуле

$$N_ж = p \cdot f, \tag{5.1}$$

где p – плотность населения, чел/га;

f – площадь района города, га.

Практикой установлено, что централизованные системы водоотведения целесообразны при плотности населения свыше 40…50 чел/га.

При определении площади жилых кварталов по районам города необходимо все кварталы пронумеровать на генплане города сквозной нумерацией. Если квартал по трассировке сети должен разбиваться на отдельные фигуры, то фигуры нумеруются буквами. Кварталы разбиваются на отдельные фигуры биссектрисой углов (на рис. 4.1 приведен пример такой разбивки).

Далее определяются площади намеченных фигур. Полученные результаты сводятся в табл.5.1.

Таблица 5.1

Ведомость канализуемых площадей

Номер района	Обозначение квартала или его части с одинаковой площадью	Площадь стока, га	Количество одинаковых по размеру площадей, шт.	Сумма одинаковых площадей стока, га
1	2	3	4	5

Среднее суточное количество воды, расходуемое на одного жителя, называется нормой водоотведения или удельным водоотведением $q_ж$.

Величина удельного водоотведения $q_ж$, согласно [1, п.2.1], условно приравнивается к величине удельного водопотребления и принимается в зависимости от степени благоустройства зданий по [2, табл. 1] или прил. 1 настоящего учебного пособия.

Данные нормы водоотведения также учитывают расходы воды от административных зданий и коммунально-бытовых предприятий, расположенных в городах.

Расходы сточных вод от промышленных предприятий данные нормы не учитывают. Выбор нормы водоотведения в пределах, указанных в прил.1, должен производиться в зависимости от климатических и других местных условий. Например, в южных районах норма водоотведения приближается к максимальной.

Суточный (средний за год) расход сточных вод, м^3/сут, определяется по формуле

$$Q_{сут} = \Sigma \frac{q_ж \cdot N_ж}{1000}, \tag{5.2}$$

где $q_ж$ – удельное водоотведение, л/сут на 1 чел.;

$N_ж$ – расчетное число жителей, чел.

Средний часовой расход q_{mid}, м^3/ч, в сутки среднего водоотведения рассчитывается по формуле

$$q_{mid} = \frac{Q_{сут}}{T}, \tag{5.3}$$

где T – время водоотведения, ч; для жилой застройки $T = 24$ ч.

Средний секундный расход сточных вод q, л/с, определяется по формуле

$$q = \frac{q_{mid}}{3{,}6}. \tag{5.4}$$

Колебания расходов в течение суток учитывает коэффициент общей максимальной неравномерности $K_{gen.max}$, который принимается по среднесекундному расходу q [1, табл. 2] или по прил. 2 настоящего пособия. $K_{gen.max}$ принимается для каждого района в отдельности и для города в целом.

Максимальный часовой расход q_w рассчитывается по формуле

$$q_w = q_{mid} \cdot K_{gen.max}, \tag{5.5}$$

Максимальный секундный расход q_{max} определяется по формуле

$$q_{max} = q \cdot K_{gen.max}. \tag{5.6}$$

Результаты вычислений сводятся в табл.5.2

Таблица 5.2

Расходы сточных вод, поступающих от населения города

Номер района город	Площадь района f, га	Плотность населения p, чел/га	Количество жителей $N_ж$, чел.	Удельное водоотведение $q_ж$, л/сут на 1 чел.	Средние расходы			$K_{gen.max}$	Максимальные расходы		Примечание
					суточный $Q_{сут}$, м^3/сут	часовой q_{mid}, м^3/ч	секундный q, л/с		часовой q_w, м^3/ч	секундный q_{max}, л/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

При заполнении табл. 5.2 необходимо подводить итог по графам 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11.

Значения максимальных часовых и секундных расходов по городу в целом вычисляются с учетом величины $K_{qen.\max}$, найденной по итоговой сумме среднесекундных расходов.

5.2. Определение расходов сточных вод от промпредприятий

Сосредоточенный расход сточных вод от промпредприятий, сбрасываемых в городскую водоотводящую сеть, складывается из бытовых, душевых и производственных расходов.

В зависимости от количества выделяемого тепла принято делить цехи на холодные и горячие. Расходы бытовых сточных вод промпредприятия за смену, м^3/см, определяются по формулам:

$$Q_c = \frac{q_c \cdot N_c}{1000}, \tag{5.7}$$

$$Q_h = \frac{q_h \cdot N_h}{1000}, \tag{5.8}$$

где Q_c, Q_h – расход бытовых сточных вод за смену соответственно в холодных и горячих цехах, м^3/см;

q_c, q_h – удельное водоотведение на одного работающего соответственно в холодных и горячих цехах; согласно [3] q_c = 25 л/см, q_h = 45 л/см;

N_c, N_h – число работающих соответственно в холодных и горячих цехах, чел.

При определении максимальных часовых и максимальных секундных расходов учитывается коэффициент часовой неравномерности $K_{час}$, который согласно [2, п. 2.4] принимается равным для холодных цехов – 3, для горячих – 2,5.

Отвод душевых сточных вод должен быть произведен в течение 45 мин после каждой смены. Норма расхода воды на одну душевую сетку равна 500 л/ч.

Расходы душевых сточных вод за смену рассчитываются по формулам:

- для холодных цехов

$$q_{sh.c}\frac{500 \cdot n_c}{1000}, \tag{5.9}$$

- для горячих цехов

$$q_{sh.h} = \frac{500 \cdot n_h}{1000}, \tag{5.10}$$

где n_c, n_h – количество душевых сеток, работающих после каждой смены, соответственно в холодных и горячих цехах, шт.

Количество душевых сеток n_c, n_h определяется исходя из числа работников, пользующихся душем в данном цехе, и числа работников, обслуживаемых одной душевой сеткой, в зависимости от группы производственного процесса:

$$n_c = \frac{N_{sh.c}}{m_c}, \tag{5.11}$$

$$n_h = \frac{N_{sh.h}}{m_h}, \tag{5.12}$$

где $N_{sh.c}$, $N_{sh.h}$ – число работников, пользующихся душем в холодных и горячих цехах, чел.;

m_c, m_h – число работников на одну душевую сетку (прил. 3), чел.

Секундный расход душевых вод, л/с, вычисляется по формулам:

$$q'_c = \frac{500 \cdot n_c}{3600}, \tag{5.13}$$

$$q'_h = \frac{500 \cdot n_h}{3600}, \qquad (5.14)$$

где q'_c, q'_h – секундный расход душевых вод соответственно в холодных и горячих цехах.

Данные расчета сводятся в табл.5.3.

Таблица 5.3

Расходы бытовых и душевых сточных вод от промпредприятий по сменам

Номер смены	Часы работы	Количество работающих, чел.			Бытовые стоки				Душевые стоки							
					холодные цехи		горячие цехи		холодные цехи				горячие цехи			
		всего	в холодных цехах	в горячих цехах	q_c, л/смену на 1 чел.	Q_c, м^3/смену	q_h, л/смену на 1 чел.	Q_h, м^3/смену	$N_{sh.c}$, чел.	m_c,, чел.	n_c, шт.	$q_{sh\,c}$, м^3/ ч	$N_{sh.h}$, чел.	m_h, чел.	n_h, шт.	$q_{sh\,h}$, м^3/ ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I	8-16				25		45									
II	16-24				25		45									
III	0-8				25		45									
Итого																

Суточный расход производственных сточных вод $Q^{тес}$ рассчитывается по количеству выпускаемой продукции или приводится в задании на проектирование.

Максимальный часовой расход сточных вод по промышленному предприятию принимается по таблице суммарного расхода притока сточных вод на главной насосной станции.

5.3. Определение суммарных расходов сточных вод от всех категорий потребителей

При проектировании главной насосной станции (ГНС) и очистных сооружений (ОС) необходимо определить суммарный максимальный часовой приток сточных вод.

Практикой эксплуатации водоотводящих систем установлено, что неравномерность притока бытовых сточных вод по часам суток особенно велика в городах с малым числом жителей, где отсутствует крупная промышленность и где отмечается низкий уровень благоустройства жилого фонда, что в целом соответствует небольшим расходам сточных вод. И,

наоборот, в крупных промышленных городах с высокой степенью благоустройства жилого фонда неравномерность притока сточных вод значительно меньше. Это объясняется тем, что поступление максимальных расходов бытовых вод в водоотводящую сеть города по времени не совпадает с поступлением максимальных расходов сточных вод от промышленных предприятий.

Распределение среднесуточного расхода сточных вод по часам суток для населения города принимается по прил. 4 в зависимости от принятого $K_{gen\,\max}$ (см. табл.5.2, графа 9).

Характер колебания притока бытовых сточных вод от предприятий различных отраслей промышленности более постоянен. Распределение расходов бытовых сточных вод в зависимости от типа цехов по часам суток в % представлено в табл.5.4, графы 4 и 7.

Таблица 5.4

Суммарный расход притока сточных вод на ГНС

Часы суток	Бытовые стоки от населения		Расходы сточных вод от промпредприятия									Суммарный расход сточных вод, м^3	С учетом неучтенных расходов, м^3
			холодные цехи			горячие цехи			технологические расходы		суммарный расход		
			бытовые		душ	бытовые		душ					
	%	м^3	%	м^3	м^3	%	м^3	м^3	%	м^3	м^3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0-1			12,5			12,5							
1-2			6,25			8,12							
2-3			6,25			8,12							
3-4			6,25			8,12							
4-5			18,75			15,65							
5-6			37,5			31,25							
6-7			6,25			8,12							
7-8			6,25			8,12							
8-9			12,5			12,5							
9-10			6,25			8,12							
10-11			6,25			8,12							
11-12			6,25			8,12							
12-13			18,75			15,65							
13-14			37,5			31,25							
14-15			6,25			8,12							
15-16			6,25			8,12							
16-17			12,5			12,5							
17-18			6,25			8,12							
18-19			6,25			8,12							
19-20			18,75			15,65							
20-21			37,5			31,25							
21-22			6,25			8,12							
22-23			6,25			8,12							
23-24			6,25			8,12							
Итого	100								100				

Душевые стоки поступают в час, следующий после смены: I смена – с 16 до 17 ч, II смена – с 0 до 1 ч, III смена – с 8 до 9 ч.

Поступление технологических стоков от промышленных предприятий по часам суток в % при 3-сменном режиме работы принимается по прил. 5, в зависимости от вида производства. При меньшем числе смен поступление стоков по часам суток корректируется. Суммарный расход технологических стоков за время работы промышленного предприятия в течение суток должен составлять 100%. Определение суммарного расхода стоков от всех категорий потребителей производится в табличной форме (см. табл. 5.4). При этом на основании [1, п. 2.5] необходимо дополнительно учитывать расходы сточных вод от предприятий местной промышленности в размере 5% от суммарного расхода сточных вод. После заполнения табл.5.4 выбирается час максимального притока на ГНС.

5.4. Определение расчетных расходов сточных вод на участках водоотводящей сети

Перед началом гидравлического расчета уличная сеть и коллекторы разбиваются на расчетные участки. Расчетным участком называется участок сети между двумя точками (колодцами), на котором расход стоков принимается неизменным. Расчет ведется от диктующей точки до ГНС и по притокам к главному коллектору. (В курсовом проекте рассчитываются только главный коллектор от диктующей точки до ГНС и один из притоков к главному коллектору.) Диктующей точкой называется начальная наиболее удаленная и низкорасполагаемая точка на схеме сети относительно главного коллектора и ГНС. Данной точке присваивается номер I, и затем нумерация узловых точек участков сети идет по возрастающей. Далее нумеруют приток. Длину расчетного участка принимают по генплану.

Расходы сточных вод на участках сети могут определяться двумя методами: по тяготеющим площадям (по модулю стока) и по удельному расходу на единицу длины трубопровода [5].

В настоящем учебном пособии рассматривается метод определения расходов по модулю стока.

Расход сточных вод для каждого расчетного участка может складываться из следующих расходов:

– попутного $q_{п}$, поступающего с прилегающего квартала по всей длине участка;

– транзитного $q_{тр}$, предварительно рассчитанного вышележащего участка;

– бокового $q_{бок}$, поступающего с боковой ветки и присоединяемого в начало расчетного участка;

– сосредоточенного $q_{сос}$, поступающего от промышленного предприятия или другого крупного объекта.

Для определения попутного расхода необходимо знать модуль стока – удельный расход сточных вод с единицы площади жилой застройки.

Модуль стока q_0, л/с на 1 га, определяется для каждого района по следующей формуле:

$$q_0 = \frac{q_ж \cdot p}{24 \cdot 3600}, \tag{5.15}$$

где $q_ж$ – удельное водоотведение, л/ сут на 1 чел.;

p – плотность населения, чел/га.

Попутный расход на любом участке сети $q_п$, л/с, рассчитывается по формуле

$$q_n = q_0 \cdot f, \tag{5.16}$$

где f – площадь жилой застройки, тяготеющая к расчетному участку, га, (см табл.5.1).

Транзитный расход стоков определяется как попутный расход вышележащего участка, боковой – как попутный расход боковой ветви. Тогда среднесекундный расход на участке q, л/с, составит:

$$q = q_п + q_{бок} + q_{тр}. \tag{5.17}$$

Сеть рассчитывается на максимальный секундный расход, который определяется по формуле

$$q_{max} = q \cdot K_{gen.max} + q_{сос}, \tag{5.18}$$

где $K_{gen.max}$ – максимальный коэффициент общей неравномерности, принимаемый в зависимости от среднесекундного расхода q по прил.2;

$q_{сос}$ – максимальный секундный расход сточных вод, поступающих в городскую сеть от промпредприятий, л/с,

$$q_{сос} = \frac{Q_{п/п}}{3,6}, \tag{5.19}$$

здесь $Q_{п/п}$ – максимальный часовой расход стоков промпредприятия, м^3/ч, принимается по табл. 5.4 согласно часу максимального их притока на ГНС.

Сосредоточенный расход $q_{сос}$ для всех последующих участков становится транзитным.

Определение расчетных расходов на участках сети выполняется в табличной форме (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Определение расчетных расходов на участках водоотводящей сети

Номера участков	Попутный и боковой расходы				$q_{тр}$, л/с	q, л/с	$K_{gen.max}$	$q \cdot K_{gen.max}$, л/с	$q_{сос}$, л/с		q_{max}, л/с
	номера кварталов	f, га	$q_о$, л/с на 1 га	$q_п + q_{бок}$, л/с					местный	транзитный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Если среднесекундный расход стоков на участке сети оказывается менее 5 л/с, то расчетный расход надлежит определять согласно [3] или данный участок считать безрасчетным.

Контрольные вопросы

1. Как определить величину удельного водоотведения?
2. Что учитывает коэффициент общей неравномерности?
3. Как определить количество душевых сеток на промпредприятии?
4. Какова норма водоотведения на одного работающего в холодных цехах?
5. Как рассчитывается суммарный график водоотведения на главную насосную станцию?
6. Что такое модуль стока?
7. Как водоотводящая сеть разбивается на расчетные участки?
8. Что такое попутный расход?
9. Что такое транзитный расход?
10. Что такое боковой расход?
11. Как определить суммарный расход сточных на расчетном участке водоотводящей сети?

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Гидравлический расчет водоотводящей сети включает определение: диаметров труб; их наполнения при пропуске расчетных расходов; уклонов, которые необходимо придать трубам для создания в них самоочищающей скорости движения сточных вод. Завершающим этапом гидравлического расчета является определение потерь напора на участке сети (падение трубопровода). На основании геодезического расчета строится продольный профиль сети на ее расчетных участках.

6.1. Построение продольного профиля поверхности земли по выбранной трассе

Водоотводящая сеть работает в безнапорном режиме движения стоков, поэтому трубы прокладываются с уклоном в сторону движения сточной жидкости.

При назначении уклона труб решающим фактором является рельеф местности, поэтому перед гидравлическим расчетом сети необходимо построить продольные профили поверхности земли по выбранным трассам («черный профиль»). Профиль строится в масштабах – горизонтальном и вертикальном.

«Черные» отметки (отметки поверхности земли) расчетных точек определяют по генплану (по горизонталям) линейной интерполяцией. На профиле указываются расчетные участки, их длина, м, и отметки поверхности земли $Z_{п.з}$ в узловых точках расчетных участков.

На основании этих данных определяется уклон поверхности земли $i_{п.з}$ по всем участкам трассы:

$$i_{п.з} = \frac{\Delta Z_{п.з}}{l}, \qquad (6.1)$$

где $\Delta Z_{п.з}$ – разница между отметками поверхности земли в узловых точках участка;

l – длина участка, м.

Затем в зависимости от полученного значения $i_{п.з}$ принимается уклон прокладки трубопровода. При этом могут быть три варианта выбора уклона прокладки трубопровода (рис.6.1).

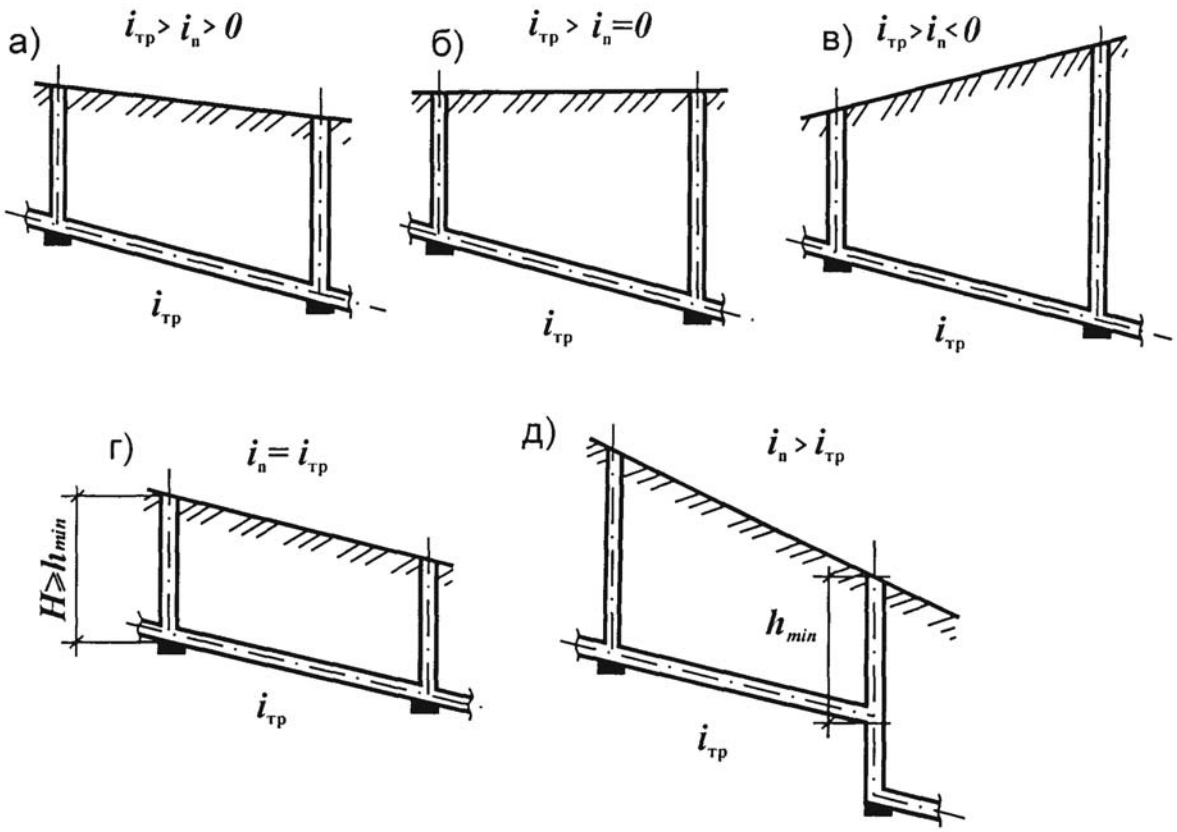

Рис.6.1. Выбор уклона прокладки трубопровода на расчетных участках при различных уклонах поверхности земли:
а – уклон поверхности земли больше нуля; б – уклон поверхности земли равен нулю; в – уклон поверхности земли меньше нуля; г – уклон поверхности земли равен уклону трубопровода; д – уклон поверхности земли больше уклона трубопровода

Первый вариант. Если уклон поверхности земли $i_{п.з}$ меньше минимально допустимого уклона для данного диаметра трубы или равен нулю, а иногда и меньше нуля (рис.6.1, а, б, в), то уклон трубопровода принимается равным минимальному уклону для данного диаметра трубы и определяется по формуле

$$i_{тр} = i_{\min} \geq \frac{1}{d}, \qquad (6.2)$$

где d – диаметр трубопровода, мм.

Если при минимальном уклоне не соблюдаются условия минимального значения скоростей, то уклон трубы следует увеличить или изменить ее диаметр.

Второй вариант. Если уклон поверхности земли $i_{п.з}$ равен или больше минимально допустимого уклона для данного диаметра трубы $i_{тр}$ (рис. 6.1, г), то при выборе уклона трубопровода необходимо учитывать заглубление трубы на предыдущем участке: если заглубление минимальное,

то $i_{тр}$ принимают равным $i_{п.з}$; если заглубление больше минимального, то целесообразно $i_{тр}$ определять по формуле (6.2), что позволяет сократить объем земляных работ.

Третий вариант. Если уклон поверхности земли $i_{п.з}$ больше максимально допустимого уклона для данного диаметра трубы $i_{тр}$ (рис. 6.1, д), то уклон трубопровода принимается равным или несколько меньшим $i_{п.з}$, но при этом необходимо выдерживать минимальное заглубление трубопровода.

6.2. Гидравлический расчет водоотводящей сети

Назначение диаметров труб при гидравлическом расчете сети осуществляется по таблицам [6] методом подбора.

Подбор диаметров производится на основании [1] по максимальным секундным расходам q_{max}, допустимым скоростям и наполнениям [1, табл. 16], а также с учетом уклона поверхности земли и минимального уклона трубы для каждого диаметра.

Существует три вида скоростей, влияющих на расчет водоотводящих сетей:

- ✓ минимальная (незаиливающая) – гарантирует невыпадение взвеси в осадок [1, табл.16] или прил. 6 настоящего пособия;
- ✓ максимальная (неразрушающая) [1, п. 2.36];
- ✓ расчетная – определяется по [6] в зависимости от расчетного расхода.

Степенью наполнения труб и каналов h/d называют максимально допустимое отношение рабочей глубины потока сточных вод h к диаметру поперечного сечения d. Степень наполнения самотечных труб нормируется с целью вентиляции и компенсации неучтенных колебаний уровня жидкости. Из экономических и гидравлических соображений не рекомендуется принимать для любых диаметров труб (кроме начальных участков сети) $h/d<0,3$. Максимально допустимое наполнение h/d принимается в зависимости от выбранного диаметра трубы по [1, табл.16]. Наполнение, соответствующее пропуску расчетного расхода и принятой скорости движения сточных вод, с учетом максимально допустимых наполнений является расчетным.

Метод подбора заключается в следующем. Проектировщик задается диаметром на начальном участке сети; при этом диаметр уличной сети, согласно [1, п. 2.33], должен быть не менее 200 мм (150 мм – при обосновании); затем определяется минимальный уклон трубы по формуле (6.2) и сравнивается с уклоном поверхности земли. После назначения уклона по [6] рассчитываются величины скоростей и наполнений при пропуске расчетного расхода с учетом их допустимых значений, приведенных в [1, табл. 16] или прил.6 настоящего учебного пособия. Допустимыми являются значения минимальных, гарантирующих самоочищение труб скоростей и максимальные значения наполнений труб.

Приняв диаметр трубопровода, определяют:

– слой воды в трубе, м,

$$h_w = h/d \cdot d\,, \qquad (6.3)$$

где h/d – наполнение трубы;

d – диаметр, м;

– падение трубопровода на участке, м,

$$h_l = i \cdot l\,, \qquad (6.4)$$

где i – уклон трубопровода;

l – длина участка сети, м.

Расчет производится в табличной форме (табл.6.1).

Таблица 6.1

Ведомость гидравлического и геодезического расчета водоотводящей сети

Номера расчетных участков	Длина участка l, м	Расчетный расход q_{max}, л/с	Диаметр трубопровода d, мм	Уклон i	Скорость потока V, м/с	Наполнение		Падение на расчетном участке сети h_l, м	Геодезические отметки, м						Глубина заложения H, м		Уклон поверхности земли $i_{пз}$
						h/d	Слой воды h_w, м		Поверхности земли $Z_{пз}$		Поверхности воды $Z_в$		Лотка трубы $Z_л$				
									ВН	ВК	ВН	ВК	ВН	ВК	ВН	ВК	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

При заполнении табл. 6.1 необходимо соблюдать следующие условия:

1) минимальный диаметр трубопровода должен быть не менее 200 мм;

2) если при пропуске расхода через минимально допустимый диаметр скорость движения стоков меньше минимальной, указанной в [1], то для такого участка сети, называемого безрасчетным, скорость, наполнение, слой воды не определяются;

3) скорость движения сточной жидкости по трубам при увеличении расходов должна возрастать, в противном случае необходимо сделать перепад на 0,1...0,2 м. Допускается снижение скорости на 15-20%, если ее значение на предыдущем участке было более 1,5 м/с;

4) при значительном увеличении уклона трубы диаметр трубопровода на последующем участке может быть уменьшен на один сортамент при d<300 мм или на два сортамента при d>300 мм.

6.3. Определение начального заглубления водоотводящей сети

При проектировании водоотводящих сетей различают минимальную, максимальную и начальную глубины заложения сети.

Начальное заглубление уличной сети в диктующей точке I определяется расчетом, исходя из условия присоединения к данной точке внутриквартальной сети (рис. 6.2).

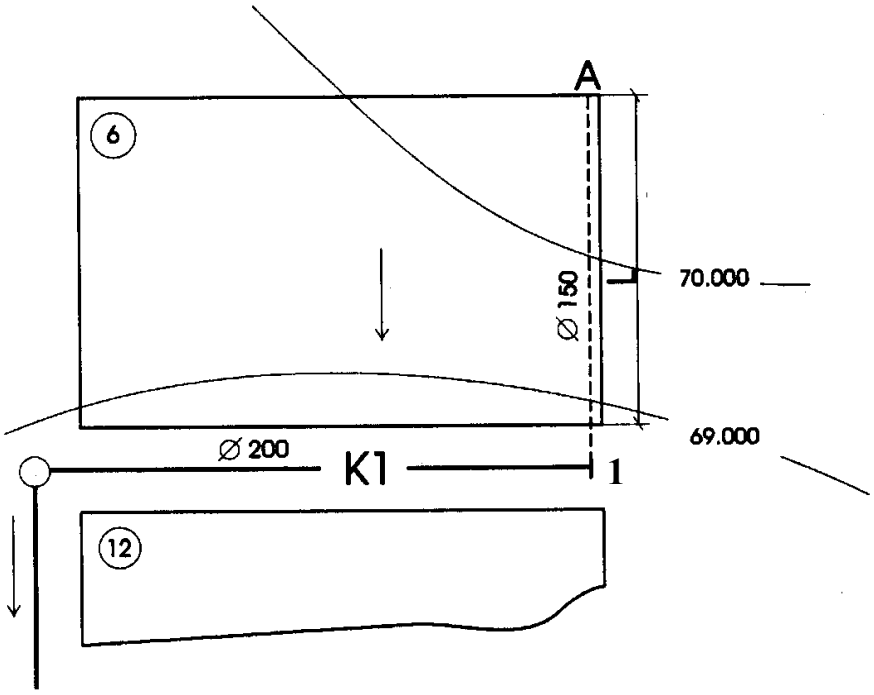

Рис. 6.2. Определение начальной глубины заложения трубопровода

По схеме трассировки сети (см. рис.6.2) выбирается квартал жилой застройки, расположенной около диктующей точки 1. В этом квартале принимается наиболее удаленная точка квартала, относительно которой ведется расчет. Минимально допустимая глубина заложения трубопровода $h_{\min}$ в точке А, м, а также по всем участкам сети принимается по [1, п. 4.8]:

- ✓ для труб диаметром до 500 мм

$$h_{\min} = (h_{\text{г.п.г}} - 0,3) \geq 0,7 + d\,, \qquad (6.5)$$

где $h_{\text{г.п.г}}$ – глубина промерзания грунта, принимаемая по [4], в зависимости от месторасположения объекта, м;

d – диаметр внутриквартальной сети, принимаемый равным или более 150 мм, м;

- ✓ для труб диаметром свыше 500 мм

$$h_{\min} = (h_{\text{г.п.г}} - 0,5) \geq 0,7 + d\,. \qquad (6.6)$$

Диаметр внутриквартальной сети от точки А до уличной сети (см. рис.6.2) должен быть не менее 150 мм.

Согласно [1, п. 2.41] минимальный уклон трубопровода для диаметра 150 мм принимается равным 0,008 (допускается 0,007), для остальных диаметров определяется по формуле (6.2).

Протяженность сети от точки А до диктующей точки 1 устанавливается по генплану (см. рис. 6.2). Глубина колодца (до лотка) в начальной точке уличной сети $H_{нач}$, м, вычисляется по формуле

$$H_{нач} = h_{min} + i_{min} \cdot l - (Z_н - Z_к) + \Delta d\,, \qquad (6.7)$$

где h_{min} – минимальная глубина заложения трубопровода, м;

i_{min} – минимальный уклон прокладки трубопровода внутриквартальной сети;

l - длина внутриквартальной сети, м;

$Z_н$ – отметка поверхности земли в начале внутриквартальной сети (точка А), м;

$Z_к$ – отметка поверхности земли в начале уличной сети (точка 1), м;

Δd – разница в диаметрах труб уличной и внутриквартальной сети, м.

6.4. Геодезический расчет водоотводящей сети

Геодезический расчет сети производится с целью определения отметок лотков, поверхности воды и глубины заложения трубопроводов. На основании данного расчета выбирается способ соединения труб в колодцах и определяется необходимость устройства насосных станций. Согласно [1, п.4.7] соединения труб разных диаметров в колодцах следует производить по шелыгам. При таком соединении верхняя часть сводов труб совпадает (рис. 6.3, а), т.е.

$$Z_ш^{ВН} = Z_ш^{ВК}. \qquad (6.8)$$

Трубы одинаковых диаметров во избежание подпора вышележащего участка следует соединять по уровням воды (рис. 6.3, б):

$$Z_в^{ВН} = Z_в^{ВК}. \qquad (6.9)$$

При расчете сети каждый участок имеет два узла: в начале (ВН) и в конце (ВК). Узел соединяет конец предыдущего участка и начало следующего.

Расчет начинается с диктующей точки, в которой определяется отметка лотка трубы, $Z_л^{ДТ}$, м:

$$Z_л^{ДТ} = Z_л^{ВН} = Z_{п.з}^{ДТ} - H_{нач}\,, \qquad (6.10)$$

где $Z_{л}^{ДТ}$ – отметка лотка в диктующей точке, м ;

$Z_{п.з}^{ДТ}$ – отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

$H_{нач}$ – начальная глубина заложения трубы, м.

Отметка лотка в конце любого участка сети $Z_{л}^{ВК}$, м, определяется по формуле

$$Z_{л}^{ВК} = Z_{л}^{ВН} - h_l, \tag{6.11}$$

где $Z_{л}^{ВК}$ – отметка лотка в конце участка, м;

$Z_{л}^{ВН}$ – отметка лотка в начале участка, м;

h_l – падение трубопровода, определенное по формуле (6.4), м.

Отметка лотка в начале второго и всех последующих участков $Z_{л}^{ВН}$, м, вычисляется по формуле

$$Z_{л}^{ВН} = Z_{л}^{ВК} - \Delta h, \tag{6.12}$$

где $Z_{л}^{ВК}$ – отметка лотка в конце предыдущего участка, м;

Δh – разница в диаметрах труб рассчитываемого и предыдущего участков при соединении труб "шелыга в шелыгу" или в слоях воды при соединении труб "по уровням воды", м.

Отметка поверхности воды $Z_{в}^{ВН,ВК}$, м, определяется по формуле

$$Z_{в}^{ВН,ВК} = Z_{в}^{ВН,ВК} + h_w, \tag{6.13}$$

где $Z_{в}^{ВН,ВК}$ – отметка поверхности воды в начале или в конце участка, м;

h_w – слой воды на рассчитываемом участке (см. формулу (6.3)), м.

Глубину заложения трубы в любой точке сети находим по формуле

$$H = Z_{п.з}^{ВН,ВК} - Z_{л}^{ВН,ВК} \geq h_{\min}, \tag{6.14}$$

где $Z_{п.з}^{ВН,ВК}$ – отметка поверхности земли в начале или в конце участка, м;

$h_{\min}$ – минимально допустимое заложение трубы, м.

Наибольшая глубина заложения трубопроводов водоотводящей сети зависит от способа производства работ и грунтовых условий. При открытом способе производства работ глубина заложения трубопроводов в сухих грунтах не должна превышать 7...8 м, а в мокрых – 5...6 м. При закрытых способах производства работ глубина заложения трубопроводов не ограничивается.

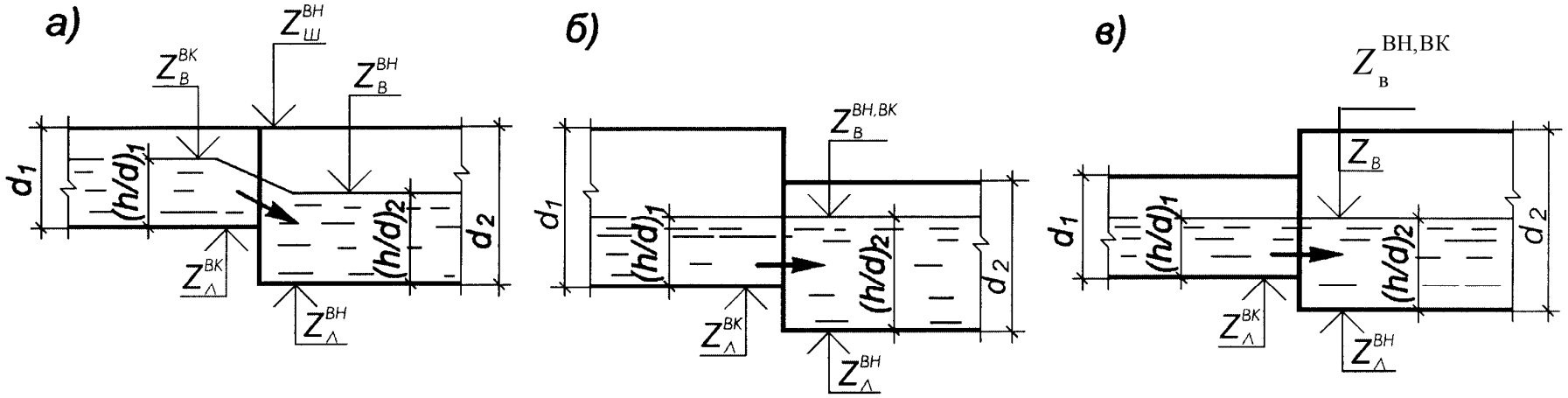

Рис. 6.3. Способы соединения труб в колодцах:
а – по шелыгам; б, в – по уровням воды

В данном проекте студенты разрабатывают открытый способ производства работ.

При превышении на участке сети названных заглублений устраивают насосные станции, поднимающие сточные воды на минимально допустимую глубину заложения труб h_{min}.

Гидравлический и геодезический расчеты водоотводящей сети производятся в табличной форме.

Табл. 6.1 заполняется на основании расчетов, выполняемых по формулам (6.2)...(6.14). Графа 18 оформляется только для учебных целей. Для безрасчетных участков в начале сети в графах 6, 7, 8, 12, 13 делается прочерк. Графы 8, 12, 13, 14, 15 заполняются с точностью до третьего знака после запятой.

После расчета основного коллектора необходимо проверить возможность подключения к нему расчетного притока. Расчет притока производится аналогично расчету главного коллектора.

Графическое оформление продольного профиля выполняют в соответствии с ГОСТ 21.604–82 «Водоснабжение и канализация. Наружные сети».

Продольный профиль строится в двух масштабах: горизонтальном, соответствующем масштабу генплана, и вертикальном M_B 1:100, 1:200.

Размеры шапки, мм, для построения профиля (рис.6.4) принимаются согласно ГОСТ 21.604.–82.

Над шапкой указывается условная отметка принятого горизонта.

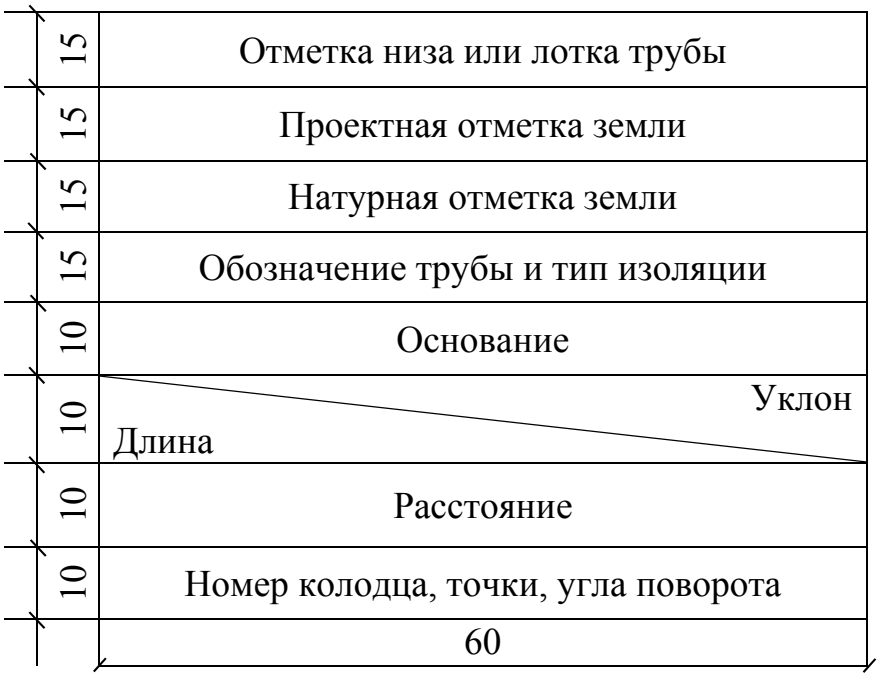

Рис. 6.4. Размеры шапки для построения продольного профиля

Контрольные вопросы

1. Для каких целей производится гидравлический расчет водоотводящей сети?
2. На какой расход рассчитывается водоотводящая сеть?
3. На какой режим рассчитывается водоотводящая сеть?
4. Как определить минимальный уклон прокладки трубопровода?
5. Для каких целей в бытовой канализации используется частичное наполнение трубопровода?
6. Минимальный диаметр бытовой уличной сети.
7. Как определить падение трубопровода?
8. Цель геодезического расчета водоотводящей сети.
9. Что такое шелыга трубы?
10. Каким способом в колодце необходимо соединять трубы одинакового диаметра?
11. Всегда ли трубы разного диаметра в колодце соединяют по шелыгам?
12. Какова минимальная глубина заложения трубопровода?
13. Какова максимально допустимая глубина заложения трубопровода при открытом способе производства работ?
14. Что такое скорость самоочищения?
15. Как определить отметку лотка в начале участка?
16. Как определить отметку лотка в конце участка?

7. УСТРОЙСТВО ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Наружная водоотводящая сеть состоит из труб и сооружений на них. В зависимости от назначения водоотводящих сетей (бытовые, дождевые, производственные) на них устраиваются колодцы различного типа, дождеприемники, разделительные камеры, регулирующие резервуары, дюкеры, переходы (под дорогами), выпуски.

7.1. Трубы

Выбор материала труб обосновывается при гидравлическом и геодезическом расчете сети. Трубы, применяемые для отвода сточных вод, должны быть прочными и долговечными, водонепроницаемыми, достаточно гладкими, устойчивыми по отношению к коррозии и температурному влиянию.

Для наружных сетей водоотведения применяются в основном безнапорные трубы: керамические, асбестоцементные, железобетонные, бетонные.

Трубы керамические производятся по ГОСТ 286–82. Они получили широкое распространение при устройстве отвода бытовых и производственных сточных вод. Керамические трубы изготавливаются с раструбом на одном конце и гладким концом с нарезками-канавками на другом. Данные трубы выпускаются условным диаметром 150...600 мм, шаг сортамента 50 мм.

Трубы асбестоцементные изготавливаются по ГОСТ 1839–80* с гладкими концами и соединяются между собой с помощью муфт. Они применяются для отвода сточных вод, не содержащих кислот. Данные трубы выпускаются условным диаметром 100, 150, 200, 300 и 400 мм.

Трубы железобетонные производятся по ГОСТ 6482–88, имеют раструбные и фальцевые соединения, применяются для отвода больших расходов бытовых и дождевых сточных вод. Данные трубы выпускаются условным диаметром 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2400 мм.

Трубы бетонные изготавливаются по ГОСТ 20054–82; как и железобетонные, имеют раструбные и фальцевые соединения. Они применяются для отвода бытовых и дождевых, а также производственных сточных вод, неагрессивных по отношению к бетону. Данные трубы выпускаются условным диаметром 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800 и 1000 мм.

На сложных участках сети: при переходах через реки, овраги, автомобильные и железные дороги, а также при пересечении с водопроводом, прокладываемым ниже канализации, применяются стальные или чугунные напорные трубы. Наиболее часто используются стальные трубы, выпускаемые по ГОСТ 10704–91, ГОСТ 8732–78*. Основные размеры стальных труб приведены в [13]. Чугунные трубы изготавливаются по ГОСТ 9583–75*. Они имеют раструбные соединения и в зависимости от толщины стенки

трубы выпускаются трех классов: ЛА, А и Б. В основном, кроме вышеперечисленных условий, данные трубы применяются при проектировании, если это обосновано гидравлическим расчетом, или при выборе основания под трубы. Чугунные трубы выпускаются условным диаметром 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 мм.

7.2. Основания под трубы

Для обеспечения целостности и устойчивости трубопроводов под трубами устраивают основания. Канализационные трубы укладывают или непосредственно на грунт, или на искусственное основание. Выбор основания под трубы необходимо производить согласно [1, п.4.10]. Конструкция основания под трубы зависит от вида грунта, залегающего ниже трубопровода; несущей способности грунта; действующих на трубу нагрузок; материала, диаметра и глубины прокладки трубопровода.

Грунты бывают сухие, скальные, водонасыщенные (болотистые, просадочные и т.д.). В сухих грунтах трубы укладывают на естественное основание при сопротивлении грунта, равном или более 0,15 МПа; при этом учитывается глубина прокладки трубопровода.

Удовлетворительными естественными основаниями могут быть средне- и крупнозернистые пески; супеси в сухом состоянии; мелкий и крупный гравий; песок, смешанный со щебнем или галькой; глины и тяжелые суглинки при отсутствии в их толще водоносных прослоек, а также скальные грунты.

При диаметрах трубопроводов 350...600 мм их рекомендуется профилировать по форме трубы с углом охвата 90 или 120°, при этом труба на 1/3 диаметра должна быть засыпана песком.

При укладке труб в супесчаных, суглинистых и глинистых грунтах под трубами устраивают песчаную подушку.

В глинистых и суглинистых грунтах с сопротивлением менее 0,15 МПа трубы укладывают на бетонное или железобетонное основание.

При укладке труб в водонасыщенных грунтах устраивают искусственное основание: гравийно-щебеночное, бетонное или железобетонное. Для отвода воды устраивают дренаж.

В скальных грунтах трубы укладывают на подушку толщиной не менее 0,1 м из местного песчаного грунта.

Засыпка труб производится с коэффициентом уплотнения $K \geq 0{,}95$.

Основание под трубы для каждого расчетного участка водоотводящей сети фиксируется при построении продольного профиля (см. рис. 9.4).

При выборе основания под трубы можно использовать типовые альбомы:

– серия 3.008.9-6/86. Подземные безнапорные трубопроводы из асбестоцементных, керамических, пластмассовых и чугунных труб;

– серия 3.008.1-8. Трубы бетонные безнапорные диаметром 100...1000 мм;

– серия 3.008.1-7. Трубы железобетонные безнапорные диаметром 400...2400 мм.

При использовании материалов данных серий грунты оснований по своим физико-механическим характеристикам подразделяются на условные группы в соответствии с табл.7.1.

Таблица 7.1

Условные группы грунтов основания

Условные группы грунтов основания	Виды грунтов
Го-1	Пески пылеватые средней плотности, насыщенные водой Пески всех видов рыхлые, кроме пылеватых Глинистые грунты слабые: супеси пластичные, суглинки и глины мягкопластичные
Го-2	Пески гравелистые крупные, средней крупности и мелкие средней плотности независимо от влажности Пески пылеватые плотные и средней плотности, маловлажные и влажные. Пески пылеватые плотные, насыщенные водой Глинистые грунты средней прочности: суглинки и глины тугопластичные
Го-3	Глинистые грунты прочные: супеси, суглинки и глины твердые; суглинки и глины полутвердые Пески гравелистые крупные, средней крупности и мелкие, плотные
Го-4	Скальные, глинистые грунты (супеси, суглинки и глины) твердые, очень прочные Крупнообломочные породы

В зависимости от материала труб и их прочностных характеристик могут существовать следующие типы оснований: грунтовое плоское; грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта; грунтовое спрофилированное; грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта; гравийно-щебеночная подготовка; бетонное спрофилированное с углом охвата труб 90°; бетонное спрофилированное с углом охвата труб

120°; железобетонное спрофилированное с углом охвата труб 90°; железобетонное спрофилированное с углом охвата труб 120°.

Грунты засыпки в зависимости от их физико-механических свойств, влияющих на напряженное состояние труб в трубопроводах, подразделяются на условные группы в соответствии с табл.7.2.

Таблица 7.2

Условные группы грунтов засыпки

Условные группы грунтов засыпки	Виды грунтов
Гз-1	Пески гравелистые крупные, средней крупности
Гз-2	Пески мелкие, пылеватые
Гз-3	Супеси, суглинки
Гз-4	Глины

Выбор типа оснований под трубы при использовании типовых серий производится в следующей последовательности:

1. Выбирается группа грунтов основания.
2. Выбирается группа грунтов засыпки.
3. На основании полученных данных гидравлического и геодезического расчета принимаются диаметр трубопровода и глубина его заложения в конце участка.
4. Приняв материал трубопровода, выбирают тип основания по высоте засыпки над верхом трубы; при этом расчетное значение должно быть меньше табличного, увязанного с грунтами основания и засыпки. Если табличное значение высоты засыпки меньше расчетного, то иногда целесообразно заменить материал труб на более высокопрочный.

В указанных типовых сериях для каждого диаметра и материала трубопровода имеются свои расчетные таблицы.

В прил. 7 приводятся таблицы по выбору оснований под трубы.

7.3. Смотровые колодцы

Согласно [1, п.4.14] смотровые колодцы устраиваются на сети:

- ✓ в местах присоединения трубопроводов;
- ✓ в местах изменения направления трубопроводов;
- ✓ в узловых точках сети при изменении диаметров и уклонов трубопроводов;
- ✓ на прямых участках сети – линейные колодцы на определенных расстояниях, приведенных в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Максимально допустимые расстояния между колодцами

Диаметр трубопровода $D_у$, мм	Расстояние между линейными колодцами, м
150	35
200-450	50
500-600	75
700-900	100
1000-1400	150
1500-2000	200
Свыше 2000	250-300

Глубина колодцев определяется при геодезическом расчете водоотводящей сети и затем показывается при построении продольных профилей (см. рис. 9.4).

Минимальную глубину колодцев назначают, исходя из двух критериев: глубины промерзания грунта и механических разрушений трубопроводов [1, п.4.8].

Максимальная глубина колодцев зависит от вида грунта и при открытом способе производства работ не превышает 5...7 метров.

Колодцы выполняются из кирпича, бетона и железобетона, по форме в плане бывают круглыми и прямоугольными. Они состоят из следующих основных элементов: плиты днища, лотковой части, рабочей части, плиты перекрытия и горловины с люком. Размер колодца в плане определяется по рабочей части и должен быть не менее 1000 мм.

В настоящее время в практике проектирования используются типовые альбомы 902-09-22.84 «Колодцы канализационные». Наиболее часто применяются колодцы круглые из сборного железобетона для труб диаметром $D_у$ = 150...1200 мм (альбом II).

Номенклатура конструкций по ГОСТ 8020–90 «Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей», используемых для данных канализационных колодцев, представлена в [13].

В курсовом проекте необходимо запроектировать смотровой колодец на расчетном участке сети. Конструирование смотровых колодцев заключается в определении их размеров в плане и по высоте. Пример конструирования колодцев приведен в [13].

7.4. Перепадные колодцы

Перепадные колодцы устраивают для сопряжения самотечных трубопроводов, уложенных на различной глубине. Если разница в глубинах заложения сопрягаемых трубопроводов диаметром до 600 мм не превышает 0,5 м, то допускается вместо перепадного колодца использовать обычный смотровой колодец. Кроме того, согласно [1, п.4.25] перепадные колодцы устраиваются на сети:

– во избежание превышения максимально допустимой скорости движения сточных вод или резкого изменения этой скорости;

– при пересечении с подземными сооружениями;

– при устройстве затопленных выпусков в последнем перед водоемом колодце.

Все перечисленные случаи представлены в [4, рис.11.5]. Согласно [1, п.4.26], на трубопроводах диаметром до 500 мм включительно допускается устраивать перепад высотой до 6 м. По конструктивному решению в этом случае наиболее часто применяются трубчатые перепады со стояком и водобойной частью.

В альбоме VI типового проекта 902-09-22.84 “Колодцы канализационные” даны проектные решения перепадных колодцев шахтного типа для трубопроводов $D_у$=150-600 мм.

Колодцы выполняют из кирпича, бетона и железобетона. Широкое распространение получили колодцы из сборного железобетона круглого сечения диаметром $D_к$ =1500...2000 мм. В этом альбоме представлены разработанные перепадные колодцы с высотой перепада до 4,05 м и перепадные колодцы с одним присоединением и с высотой перепада 4,25 м.

Перепадные колодцы состоят из следующих основных элементов: плиты днища, лотка с водобойной частью, рабочей части, плиты перекрытия, горловины с люком.

Рабочая часть колодца делится на две части вертикальной стенкой-растекателем, и образуются у подводящей трубы шахта. Под шахтой устраивают водобойную часть, укрепленную стальным листом толщиной δ=12 мм. Ширина шахты должна быть не менее диаметра подводящего трубопровода. В стенке-растекателе выше подводящей трубы делается отверстие для прочистки трубопровода. Расстояние от низа подводящей трубы до отверстия в стенке-растекателе должно быть на 50 мм больше внутреннего диаметра подводящего трубопровода.

Согласно [1, п.4.26], на трубопроводах диаметром 600 мм и более перепады высотой до 3 м надлежит принимать в виде водосливов практического профиля.

В колодцах такого типа рабочая часть на уровне лотка подводящего трубопровода оборудуется криволинейным водосливом, заканчивающимся водобойным колодцем, который служит для образования затопленного

гидравлического прыжка, необходимого для гашения избыточной скорости потока.

Глубина водобойного колодца определяется методом подбора [9]. По конструктивным соображениям криволинейный водослив и водобойный колодец следует выполнять из монолитного железобетона, стенки рабочей камеры и горловины могут быть из кирпича, бетона и железобетона (рабочая часть – монолитная, горловина – сборная).

Примеры конструирования колодцев данного типа приведены в [13].

7.5. Дюкеры

Для транспортирования сточных вод через реки и овраги служат специальные устройства – дюкеры.

Дюкер состоит из следующих основных элементов: напорных трубопроводов, верхней (ВКД) и нижней (НКД) камер дюкера.

Согласно [1, п.4.36-4.37], дюкеры при пересечении водоемов необходимо принимать: не менее чем две рабочие нитки, из стальных труб диаметром ≥150 мм, с усиленной антикоррозийной изоляцией. Обе нитки трубопровода – рабочие.

Допускается устройство дюкера с одной рабочей и одной резервной трубами:

1) при расходах сточных вод, не обеспечивающих расчетных скоростей в дюкере;

2) при расчетных потерях в дюкере, бóльших, чем перепад между ВКД и точкой подключения дюкера к коллектору на противоположном берегу реки;

3) при больших скоростях в подводящем коллекторе перед ВКД;

4) при авариях, когда одна линия дюкера не может пропустить весь расчетный расход [1, п.4.37].

По [1,п.4.38] при проектировании дюкеров необходимо принимать:

– глубину заложения подводной части трубопровода, считая до верха трубы, – не менее чем на 0,5 м ниже дна реки, а в пределах фарватера на судоходных объектах – не менее 1 м;

– угол наклона восходящей части дюкера – не более 20° к горизонту;

– расстояние между нитками дюкера в свету – не менее 0,7...1,5 м.

Дюкеры должны располагаться в местах с устойчивым неразмываемым руслом, на участках с минимальной шириной реки. Трубопроводы дюкера прокладываются перпендикулярно руслу реки. В зависимости от движения воды в подводящем трубопроводе и глубины заложения перед дюкером (ВКД) возможны два варианта режима работы дюкера: самотечно-напорный и напорный.

Самотечно-напорный дюкер (рис. 7.1) устраивается на самотечной водоотводящей сети при переходе через водоем. Дюкер работает полным

сечением в напорном режиме. Он состоит из входной (верхней), выходной (нижней) камер и напорных трубопроводов. Верхняя камера дюкера (ВКД) имеет два отделения: мокрое и сухое, разделенные водонепроницаемой перегородкой (см. рис. 7.1). В мокром отделении самотечный трубопровод переходит в открытые лотки. Для перекрытия потока воды в лотках предусматриваются затворы (шиберы). В сухом отделении размещаются напорные трубы с задвижками, с помощью которых можно отключать любой из трубопроводов дюкера. Размеры камер в плане зависят от числа и диаметра труб. Расстояние между трубами в камере принимается не менее 400 мм, ширина боковых проходов – не менее 250 мм (для труб диаметром более 500 мм эти расстояния удваиваются).

Высота камер должна обеспечивать удобство обслуживания и размещения задвижек и затворов и быть не менее 1800 мм, считая от бермы лотка до перекрытия. Каждое отделение ВКД должно иметь горловину и заканчиваться люком с крышкой. Нижняя камера дюкера (НКД) устраивается в виде одного отделения (см. рис. 7.1), где напорные трубопроводы переходят в открытые лотки, в начале которых устанавливаются щитовые затворы (шиберы). Камеры следует выполнять из сборных железобетонных колец и элементов, а в случае сложной конфигурации – из сборных железобетонных блоков и монолитного бетона.

Основные размеры, мм, ВКД и НКД при диаметре подводящего самотечного коллектора $D_у$=200...600 мм приведены в [13, табл. 3.10], согласно альбому V типового проекта 902-09-22.84. При $D_у$>600 мм камеры дюкера следует разрабатывать по индивидуальному проекту.

Элементы рабочих камер и горловин ВКД и НКД набираются по тому же методу, что и в канализационных колодцах [13].

Расчет дюкера производят в следующей последовательности:

1. Вычерчивают схему дюкера (см. рис. 7.1).
2. Принимают количество рабочих линий (обычно две).
3. Определяют расход сточных вод q_1, л/с, по одной линии дюкера:

$$q_1 = \frac{q_р}{n}, \tag{7.1}$$

где $q_р$ – расчетный расход сточных вод, проходящих через дюкер, л/с;

n – число рабочих линий.

4. Производят подбор диаметров труб дюкера.

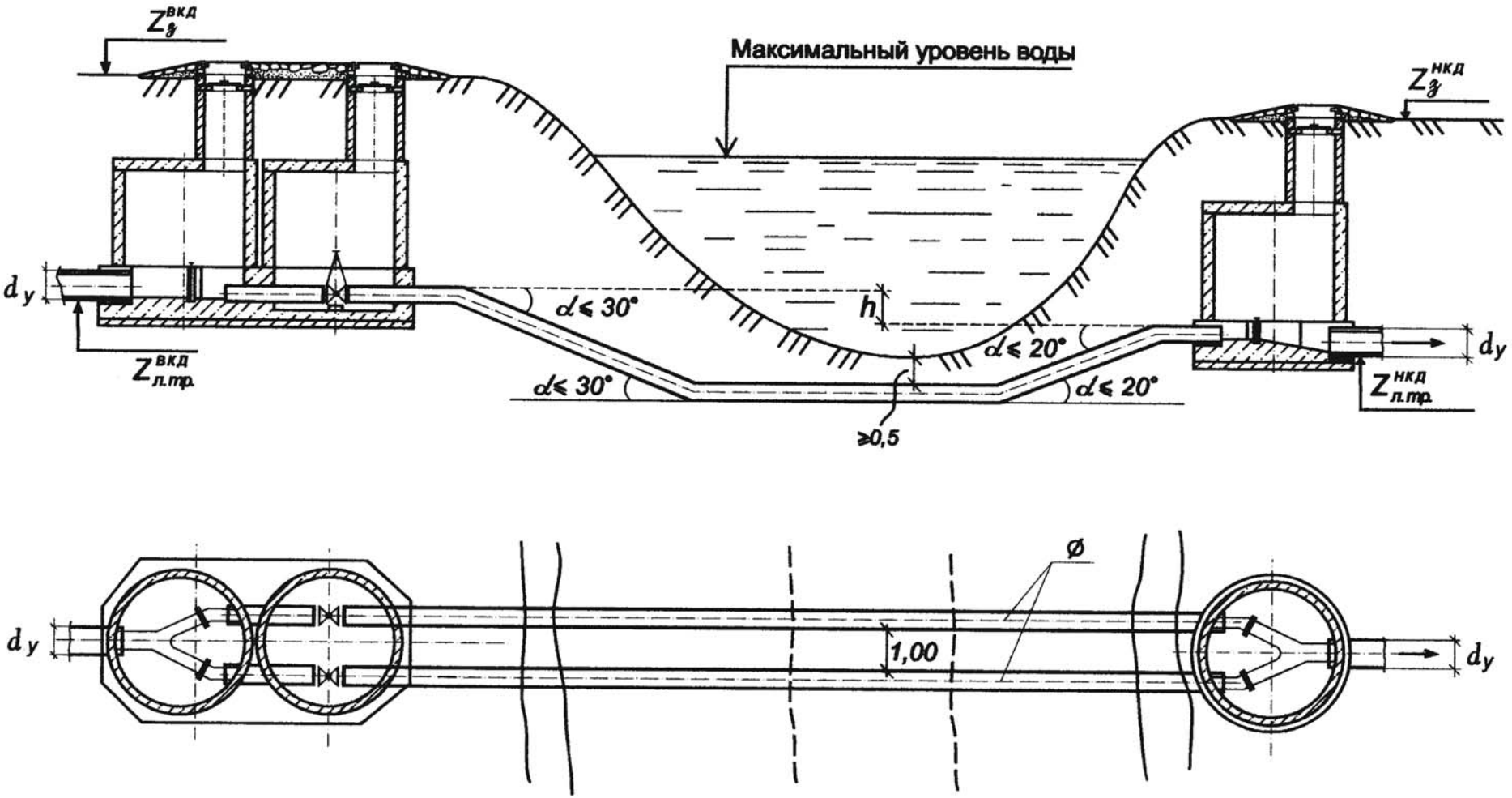

Рис. 7.1. Схема самотечно-напорного дюкера

Диаметр труб $D_у$, мм, дюкера определяют исходя из условия обеспечения самоочищающих скоростей. Согласно [1, п.2.37], расчетную скорость движения сточных вод в дюкере необходимо принимать не менее 1 м/с; при этом в местах подхода к дюкеру скорость сточных вод v, м/с, должна быть не более их скорости движения в дюкере. При пропуске расхода q_1, л/с, со скоростью v, м/с, по [7] подбирают диаметр $D_у$, мм, гидравлический уклон i и скорость v_1, м/с.

5. Определяют потери напора по длине $h_{тр}$, м:

$$h_{тр} = i \cdot l, \tag{7.2}$$

где i – гидравлический уклон;

l – длина трубопроводов дюкера между ВКД и НКД (принимают по генплану), м.

6. Уточняют по схеме (см. рис. 7.1) количество местных сопротивлений и вычисляют потери напора в них.

В дюкере имеются следующие местные сопротивления: на входе в трубу, на поворотах, на выходе из трубы. Сопротивление в задвижке при полном открытии равно нулю. Потери напора на входе в трубу h_1, м, определяют по формуле

$$h_1 = \xi_1 \frac{v_1^2}{2g}, \tag{7.3}$$

где ξ_1 – коэффициент сопротивления на входе в трубу (при нормальном режиме работы дюкера $\xi_1 = 0{,}2$; при аварийном $\xi_1 = 0{,}5$);

v_1 – скорость движения сточных вод в дюкере, м/с.

Значения потерь на входе h_1, м, в зависимости от скорости v_1, м/с, приведены в [13, табл.3.11].

Потери на выходе из дюкера h_2, м, рассчитывают по формуле

$$h_2 = \frac{(v_1 - v)^2}{2g} = \left(1 - \frac{v}{v_1}\right)\frac{v_1^2}{2g} = \xi_2 \frac{v_1^2}{2g}, \tag{7.4}$$

где ξ_2 – коэффициент сопротивления на выходе из трубы;

v – скорость движения сточных вод в отводящем коллекторе, м/с;

v_1 – скорость движения сточных вод в дюкере, м/с.

Значения потерь напора на выходе h_2, м, в зависимости от разности скоростей ($v_1 - v$) приведены в [13, табл. 3.12].

Потери на повороте трубы h_3, м, определяют по формуле

$$h_3 = \xi_{90} \sin\alpha \frac{v_1^2}{2g} = \xi_3 \frac{v_1^2}{2g}, \tag{7.5}$$

где ξ_{90} – сопротивление на повороте трубы на угол $\alpha = 90°$ ($\xi_{90} = 0{,}23$);

α – угол поворота;

ξ_3 – сопротивление на повороте трубы на угол α.

Сопротивление на повороте трубы на угол α = 30°:

$$\xi_{30} = 0{,}23 \cdot \sin 30° = 0{,}23 \cdot 0{,}5 = 0{,}115. \quad (7.6)$$

Сопротивление на повороте трубы на угол α = 20°:

$$\xi_{20} = 0{,}23 \cdot \sin 20° = 0{,}23 \cdot 0{,}34 = 0{,}078. \quad (7.7)$$

Тогда получим потери напора, м, в углах поворота:

– нисходящей линии h'_3 (2 поворота на угол α = 30°)

$$h'_3 = \xi_{30} \frac{v_1^2}{2g}, \quad (7.8)$$

– восходящей линии h''_3 (2 поворота на угол α = 20°)

$$h''_3 = \xi_{20} \frac{v_1^2}{2g}. \quad (7.9)$$

Значения потерь напора h'_3, h''_3, м, на поворотах в зависимости от скорости в дюкере υ_1 и угла поворота α приведены в [13, табл. 3.13].

Сумма местных потерь напора $h_м$, м, в дюкере:

$$h_м = h_1 + h_2 + 2h'_3 + 2h''_3. \quad (7.10)$$

7. Вычисляют общие потери напора h, м:

$$h = h_{тр} + h_м. \quad (7.11)$$

8. Находят отметку воды $Z_в^{НКД}$, м, в НКД:

$$Z_в^{НКД} = Z_в^{ВКД} - h, \quad (7.12)$$

где $Z_в^{ВКД}$ – отметка воды в ВКД, м.

9. Определяют отметку лотка $Z_л^{НКД}$, м, в НКД:

$$Z_л^{НКД} = Z_в^{НКД} - h_ω, \quad (7.13)$$

где $h_ω$ – слой воды в трубе на отводящем участке от дюкера, м.

10. Проверяют дюкер в режиме аварии, то есть когда одна линия полностью отключена, а другая – пропускает весь расчетный расход. В этом случае увеличивается скорость и возрастают потери напора. В ВКД возникает подтопление (подпор) Δh, м:

$$\Delta h = h_{ав} - h, \quad (7.14)$$

где $h_{ав}$ – потери напора при аварии, определяемые аналогично вышеприведенной методике расчета, м.

При подтоплении не должно происходить излива сточных вод из ВКД и смотровых колодцев.

11. Определяют длину L, м, подтопленного участка:

$$L = \frac{\Delta h}{i_{\text{с}}(1 - K_i)}, \tag{7.15}$$

где $i_{\text{с}}$ – гидравлический уклон на подводящем самотечном трубопроводе;

K_i – величина, зависящая от наполнения трубопровода [5]:

h/d	0,6	0,7	0,8
K_i	0,43	0,67	0,87

Подпор не должен вызывать подтопление трубопроводов большой протяженности. Для уменьшения величины подпора расчет дюкера следует начинать с предположения о необходимости пропуска по одной линии 75% общего расхода через ранее подобранный на нормальный режим работы диаметр $d_{\text{у}}$. В этом случае увеличивается величина общих потерь h, НКД опускается, а подпор Δh уменьшается. Если подтопление вообще недопустимо, то расчет величины h ведется при условии пропуска всего расхода $q_{\text{р}}$ по одной линии дюкера.

При большой глубине заложения подводящего самотечного коллектора (более 4 м) для переброски сточных вод через водную преграду целесообразно устройство канализационной насосной станции (КНС). Место расположения КНС относительно дюкера уточняют расчетом. Дюкер в этом случае будет напорным, состоящим из следующих элементов: верхней (ВКД), нижней (НКД) камер и напорных трубопроводов. В камерах дюкера размещаются напорные трубы с задвижками. В зависимости от числа и диаметра труб, фасонных частей и задвижек камеры могут быть круглыми и прямоугольными. Размеры камер определяются по [2]. Минимальная высота рабочей части $H_{\text{р}}$ = 1800 мм.

Основные размеры, мм, ВКД и НКД для схемы напорного дюкера представлены в [13, табл. 3.14].

Камеры дюкера имеют те же элементы, что и водопроводные колодцы: днище, рабочую часть, горловину с люком и крышкой.

Рабочую часть и горловину набирают по тому же методу, что и канализационные колодцы [13]. Перед подключением к самотечной водоотводящей сети после НКД обязательно устраивают колодец-гаситель, место расположения которого уточняют расчетом. Расчет напорного дюкера ведется по вышеизложенной методике.

Диаметр трубопроводов дюкера определяют по [7] при нормальном режиме работы дюкера. Потери напора вычисляют на пропуск всего расчетного расхода по одной линии дюкера (аварийный режим). Потери напора в дюкере учитываются при определении напора насосов КНС.

Контрольные вопросы

1. Как соединяются между собой керамические трубы и есть ли различия между соединением керамических труб и соединением асбестоцементных труб?
2. Какие трубы могут иметь фальцевые соединения?
3. Какие трубы используются при пересечении естественных и искусственных препятствий?
4. От чего зависит конструкция основания под трубы?
5. В каком случае допускается укладывать канализационные трубы непосредственно на грунт?
6. Как осуществляется выбор типа основания под трубы?
7. В каких местах необходимо устройство смотровых колодцев?
8. Из какого материала изготавливается лоток в смотровых колодцах?
9. Основные элементы канализационного колодца.
10. Из каких материалов изготавливаются смотровые колодцы?
11. В каком случае вместо смотрового устраивается перепадной колодец?
12. Каковы конструктивные отличия перепадных колодцев от смотровых?
13. Минимальное количество линий дюкера.
14. Минимальные диаметр и скорость движения сточных вод в дюкере.
15. В каком режиме может работать дюкер и как это влияет на методику расчета?
16. Что такое явление подпора в дюкере и в какой камере оно может возникнуть?

8. КАНАЛИЗАЦИОННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ

8.1. Назначение и классификация насосных станций водоотведения

Насосные станции водоотведения предназначены:

– для перекачивания сточных вод на очистные сооружения, если рельеф местности не обеспечивает подачу самотеком;

– для подъема сточных вод из нижележащего самотечного коллектора в вышележащий, если дальнейшее заглубление первого экономически не целесообразно.

По расположению в общей схеме канализации насосные станции бывают главные (ГНС), стоки на которые поступают со всей канализуемой территории, и районные.

По роду перекачиваемой жидкости насосные станции подразделяются на хозяйственно-бытовые; производственные; дождевые; для перекачки осадка, ила и т.д.

По расположению машинного зала относительно уровня земли проектируются насосные станции следующего типа: незаглубленные (до 4 м); полузаглубленные (до 7 м) и шахтные (свыше 8 м).

Наибольшую глубину заложения самотечных коллекторов при производстве работ открытым способом рекомендуется принимать:

- в скальных грунтах – до 4-5 м;
- в мокрых грунтах – до 5-6 м;
- в сухих нескальных грунтах – до 7-8 м.

По расположению приемного резервуара относительно машинного зала насосные станции проектируются совмещенного и раздельного типов.

По расположению оси насосов относительно расчетного уровня в приемном резервуаре насосные станции проектируются под заливом или незаливные.

По характеру управления насосные станции бывают: с ручным управлением, автоматическим и дистанционным.

В состав помещений здания насосной станции входят: приемный резервуар, машинное отделение, вспомогательные помещения.

Расчет насосной станции заключается в выборе марки и количества насосных агрегатов.

Общее число насосных агрегатов, предусмотренных к установке в машинном зале насосной станции, количество напорных линий зависят от категории насосных станций, правильный выбор которой не только определяет схему установки подобранного насосного оборудования, но и гарантирует обеспечение надежности работы всей системы канализации в целом.

8.2.Определение категории канализационной насосной станции (КНС)

Согласно [1, п. 5.1] КНС по надежности действия подразделяются на три категории (табл.8.1).

Таблица 8.1

Категория надежности действия КНС

Категория надежности действия КНС	Характеристика режима работы насосных станций
Первая	Не допускается перерыва или снижения подачи сточных вод
Вторая	Допускается перерыв подачи сточных вод не более 6 часов
Третья	Допускается перерыв подачи сточных вод не более суток

Примечание. Перерыв в работе КНС второй и третьей категорий не более суток возможен при учете требований [1, п. 1.8], технологических условий производства или прекращения водоснабжения населенных пунктов при численности жителей до 5000 человек.

К первой категории относятся насосные станции, обслуживающие системы водоснабжения населенных пунктов с числом жителей свыше 50000 человек (ориентировочно максимальное суточное водоотведение составляет свыше 40000 м^3).

Ко второй категории относятся насосные станции, обслуживающие населенные пункты с числом жителей от 5000 до 50 000 человек, если аккумулирующая емкость подводящих сетей обеспечивает прием стоков на время отключения станции при ремонте.

К третьей категории относятся насосные станции водоотведения, обслуживающие населенные пункты с числом жителей до 5000 человек.

Количество резервных агрегатов выбирается на основании [1, табл. 21], данные этой таблицы представлены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Число рабочих и резервных насосов

Бытовые и близкие к ним по составу производственные сточные воды				Агрессивные сточные воды	
Число насосов					
Рабочих	Резервных при категории надежности действия			Рабочих	Резервных при всех категориях надежности
	I	II	III		
1	2	1	1	1	1 и 1 на складе
2	2	1	1	2 – 3	2
3 и более	2	2	1 и 1 на складе	4	3
				5 и более	не менее 50%

При реконструкции, направленной на увеличение производительности насосной станции, допускается для перекачки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод в КНС третьей категории не устанавливать резервные агрегаты, а предусматривать их хранение на складе.

8.3. Выбор марки и количества основных насосных агрегатов

Для выбора марки насосных агрегатов необходимо знать два расчетных параметра: расчетный расход сточных вод, м^3/ч или л/с, поступающих в приемный резервуар насосный станции; напор, м, необходимый для подачи стоков в заданную точку.

Определение расчетных расходов. В соответствии с [1. п. 5.4] ГНС должна обеспечить подачу расчетного (максимального) притока сточных вод.

Для определения максимального часового расхода сточных вод используют сводный график почасового притока сточных вод на насосную станцию (см. табл. 5.4).

Подача одного насоса q_w^{sp}, м^3/ч, определяется по формуле

$$q_w^{sp} = \frac{q_w}{n}, \quad (8.1)$$

где q_w – максимальный часовой приток сточных вод, м^3/ч;

n – количество рабочих агрегатов, шт., желательно не менее 2 шт.

Определение расчетного напора. Необходимый напор насосов определяется после назначения диаметров напорных трубопроводов. Напорные

трубопроводы проектируются в основном из стальных труб. Длина напорных трубопроводов принимается по генплану с учетом санитарно-защитной зоны, нормируемой согласно [1, табл. 1].

Число напорных трубопроводов от насосных станций любой категории надежности действия необходимо принимать на основании технико-экономических расчетов с учетом возможности устройства аварийного выпуска (перепуска), регулирующей емкости, использования аккумулирующей вместимости подводящей сети, допускаемого снижения водопотребления согласно [2] .

Число напорных трубопроводов от насосных станций первой категории необходимо принимать не менее двух с устройством в случае необходимости между ними переключений, расстояния между которыми следует определять из условия обеспечения при аварии на одном из них пропуска 100%-го расчетного расхода; при этом следует предусматривать использование резервных насосов.

Для насосных станций второй и третьей категорий допускается устанавливать один напорный трубопровод.

Диаметр напорных трубопроводов определяют по [7] в зависимости от пропуска 50%-го расхода при нормальном режиме работы КНС. При этом рекомендуется принимать скорости: 1-2,5 м/с – в пределах насосной станции и 1-1,5 м/с – за пределами насосной станции. Подобрав диаметр напорного трубопровода, проверяют его на пропуск 100%-го расхода в случае аварии на другой нитке трубопровода.

Расчетный напор $H_{тр}$ (рис. 8.1) насоса, м, вычисляется по формуле

$$H_{тр} = H_г + h_{вод} + h_{н.с} + h_{св}, \qquad (8.2)$$

где $H_г$ – геометрическая высота подъема жидкости, м, равная разности отметок и определяемая по формуле

$$H_г = Z_2 - Z_1, \qquad (8.3)$$

здесь Z_2 – диктующая высокорасполагаемая отметка, куда необходимо подать сточные воды, принимается на 2-5 м выше отметки земли в месте расположения приемной камеры очистных сооружений, м;

Z_1 – отметка среднего уровня сточных вод в приемном резервуаре насосной станции, принимается на 1-1,5 м ниже отметки лотка подводящего самотечного коллектора, м;

$h_{вод}$ – потери напора в напорных трубопроводах, м,

$$h_{вод} = (1{,}1 - 1{,}2)\cdot i\cdot l, \qquad (8.4)$$

где i – удельные потери напора на единицу длины напорного трубопровода, обеспечивающего пропуск расчетного расхода $q_{расч}$, л/с, определяются по [7];

l – длина напорного трубопровода от ГНС до диктующей точки, м;

$h_{н.с}$ – потери напора по длине трубопровода и местные потери во всасывающих и напорных линиях внутри насосной станции, принимаемые равными 2–3 м;

$h_{св}$ – свободный напор при изливе жидкости из трубопровода, принимаемый равным 1,0 м.

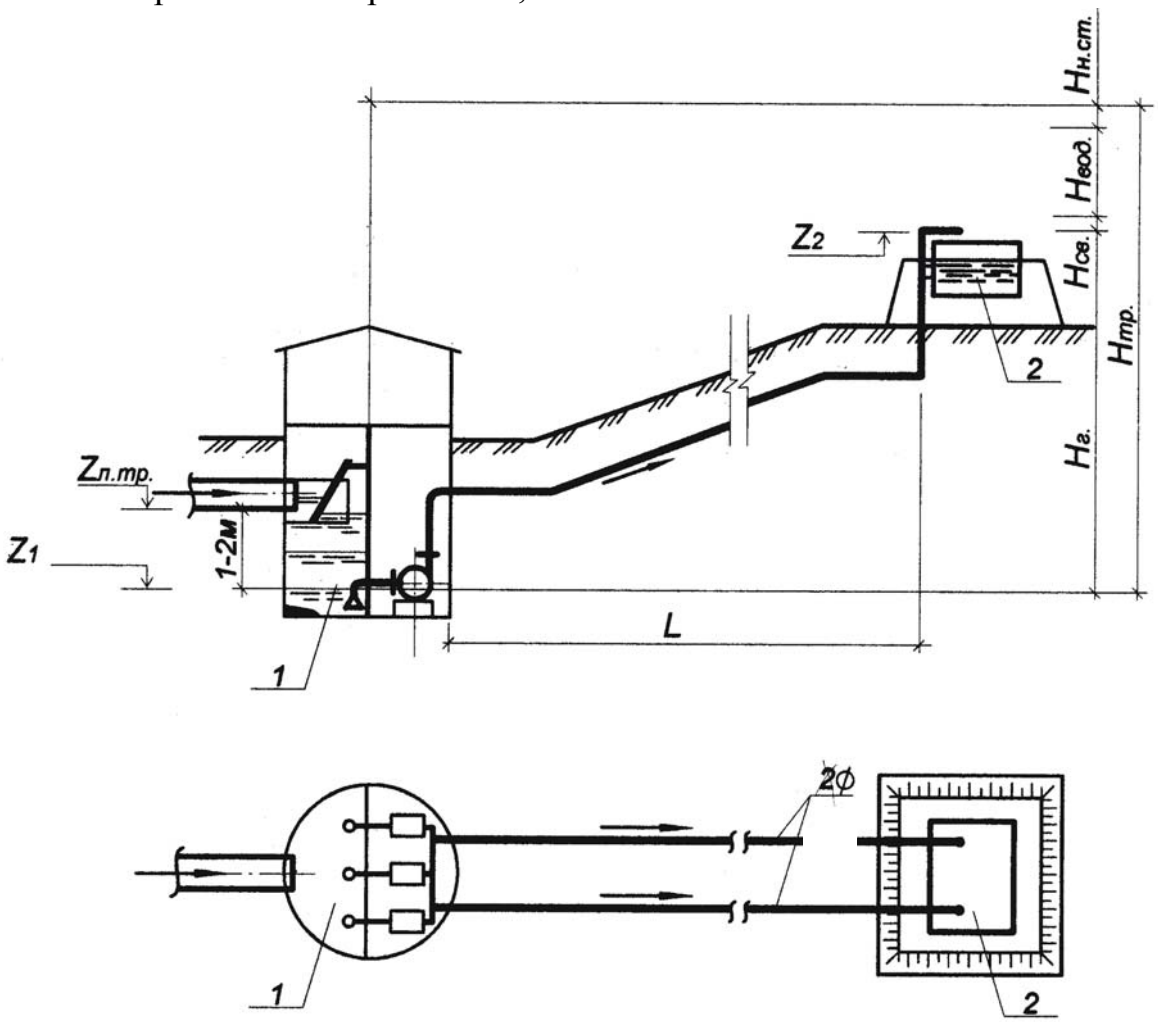

Рис. 8.1. Схема канализационной насосной станции:
1 – приемный резервуар насосной станции;
2 – приемная камера очистных сооружений

Выбор марки и количества насосов. По вычисленным значениям q_w^{sp} и $H_{тр}$, используя каталоги выпускаемых насосов, а также прил. 8, подбирают марку насосных агрегатов.

На КНС наиболее часто устанавливаются динамические центробежные насосы типов СМ; СМС; СД; СДВ. Они предназначены для перекачивания бытовых и производственных сточных вод и других неагрессивных жидкостей с водородным показателем pH от 6 до 8,5, плотностью до 1100 кг/м^3, кинематической вязкостью не более $1 \cdot 10^{-6}$ м^2/с, температурой до 90°С с содержанием абразивных взвешенных частиц не более 1% по объему, размером до 5 мм.

Предпочтение отдается насосам с более высоким КПД в рабочей точке. При выборе марки насоса уточняются технические данные: число оборотов рабочего колеса (*n*, об/мин); напор (Н, м); КПД (η, %); мощность (*N*, кВт); диаметр рабочего колеса (Д, мм).

Примеры условного обозначения насосных агрегатов

СМ 150-125-315а/2-С,

СМС 250-200-400б/4-5-Е,

где СМ; СМС – тип насоса (соответственно сточно-массный центробежного типа и сточно-массный свободно-вихревого типа);

150; 250 – диаметр входного патрубка, мм;

125; 200 – диаметр выходного патрубка, мм;

315; 400 – диаметр рабочего колеса, мм;

а; б – обозначение варианта рабочего колеса, уменьшенного по внешнему диаметру;

2; 4 – обозначение частоты вращения вала;

С; 5 – обозначение исполнения уплотнения вала;

Е – обозначение взрывобезопасного исполнения.

СД 100/40б,

СДВ 7200/29,

где СД; СДВ – тип насоса (динамический для сточной жидкости, соответственно горизонтальный и вертикальный);

100; 7200 – номинальная подача, $м^3/ч$;

40; 29 – напор, соответствующий номинальной подаче, м;

б – обозначение варианта рабочего колеса, уменьшенного по внешнему диаметру.

В зависимости от категории надежности действия насосных станций (см. табл. 8.1) по табл. 8.2 принимается количество резервных насосов.

Вместимость приемного резервуара ГНС определяется на основании [1, п. 5.18].

С учетом выбранного типа насосов и глубины заложения подводящего коллектора к ГНС по прил. 8 подбирается типовой проект насосной станции.

Контрольные вопросы

1. Выбор месторасположения главной канализационной насосной станции.
2. В каком случае устраиваются насосные станции для подъема сточных вод?
3. Классификация канализационных насосных станций.
4. По каким параметрам выбирается насос?
5. От чего зависит категория надежности действия насосной станции?
6. Какие марки насосов применяются в канализационных насосных станциях?
7. Всегда ли резервные насосные агрегаты находятся в машинном зале?

9. ПРИМЕР РАСЧЕТА БЫТОВОЙ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Рассматриваемый пример может служить основой при выполнении курсового проекта «Водоотводящая сеть населенного пункта».

9.1. Исходные данные на проектирование

Исходными данными на проектирование являются: генплан населенного пункта (рис. 9.1) и задание на проектирование.

Задание на курсовой проект «Водоотводящая сеть населенного пункта»:

1. План населенного пункта в масштабе М 1:10000.
2. Месторасположение населенного пункта – Московская область.
3. Грунты по трассам коллекторов – супесь.
4. Глубина промерзания грунта – 1,4 м.
5. Средняя глубина до уровня грунтовых вод – 6,7 м.
6. Степень благоустройства зданий:
   - 1 района – II (здания, оборудованные внутренним водопроводом и канализацией, с ваннами и местными водонагревателями);
   - 2 района – III (здания, оборудованные внутренним водопроводом и канализацией, с централизованным горячим водоснабжением).
7. Плотность населения:
   1 района – 150 чел./га;
   2 района – 180 чел./га.
8. Сведения по промышленному предприятию:

Наименование	№ смен	Часы работы смен	Кол-во трудящихся по цехам			% принимающих душ по цехам		Производственные сточные воды	
			всего, чел.	в холодных, %	в горячих, %	в холодных	в горячих	расход, $м^3$/сут	$К_{час}$
Сахарный завод	I	8-16	1700	70	30	30	30	1700	2,27
	II	16-24	1400	70	30	30	30		
	III	0-8	1000	70	30	30	30		

9. Глубина заложения лотка контрольного колодца промышленного предприятия – 1,5 м.

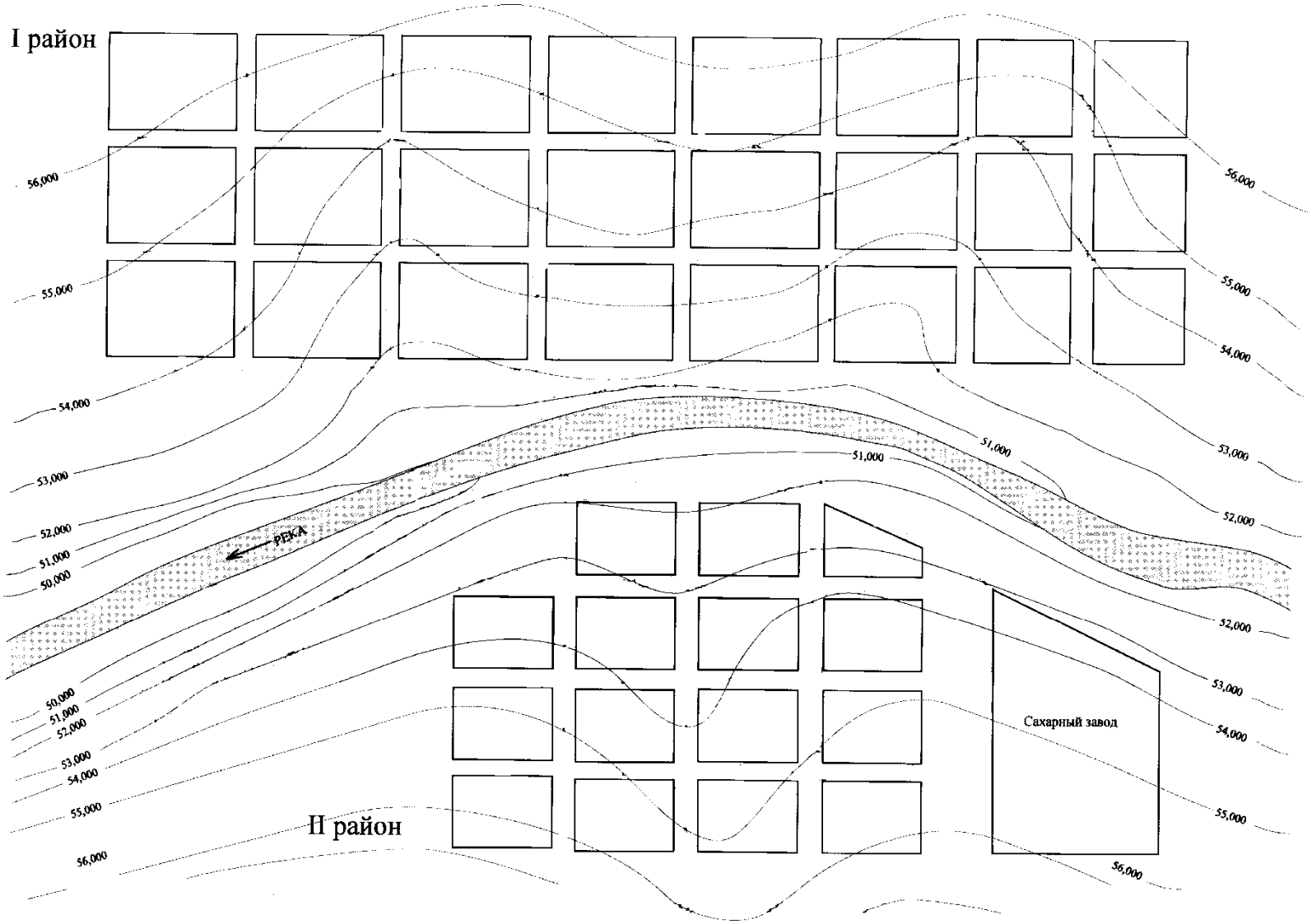

Рис. 9.1. Генплан населенного пункта

9.2. Характеристика объекта водоотведения

Населенный пункт располагается в Московской области. Через населенный пункт протекает река Ока, которая делит его на два района. Каждый из районов имеет разную степень благоустройства. На территории одного из районов располагается сахарный завод. Завод работает в три смены.

Рельеф местности выраженный, с характерным падением земли в сторону реки, перепад в отметках составляет 7 м. На всей территории населенного пункта преобладают легкие супесчаные почвы различного механического состава. Глубина промерзания грунта 1,4 м. Грунтовые воды залегают на глубине 6,7 м.

Климат умеренно континентальный: с умеренно холодной зимой и теплым летом. Средняя температура января –11°С, июля +18°С.

В населенном пункте требуется запроектировать систему водоотведения для отвода хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод.

9.3. Выбор системы и схемы водоотведения

Выбор системы водоотведения производится на основании рекомендаций [1] и с учетом исходных данных на проектирование.

Принята полная раздельная система водоотведения, включающая две водоотводящие сети, каждая из которых предназначена для отвода сточных вод определенного вида: бытовых вод от населенного пункта и промышленного предприятия; дождевых вод с территории населенного пункта.

Данную систему водоотведения проектируем по пересеченной схеме – коллекторы бассейнов водоотведения трассируются перпендикулярно водоему и перехватываются главным коллектором, прокладываемым параллельно водоему.

9.4.Трассировка сети

Трассировкой называется нанесение схемы сети на генеральный план проектируемого объекта.

Водоотводящие сети трассируют в следующей последовательности:

1) Территория населенного пункта каждого района линиями водоразделов делится на бассейны водоотведения. В первом районе можно выделить два бассейна водоотведения, образуемые согласно рельефу местности линией водораздела, проходящей по границе кварталов 4-12-20. Во втором районе – один бассейн водоотведения.

2) По пониженным местам бассейнов водоотведения прокладываются коллекторы: в первом районе – два, во втором районе – один.

3) Коллекторы бассейнов водоотведения перехватываются главным коллектором каждого района. Главный коллектор первого района через дюкер подключается к главному коллектору второго района. Вблизи дюкера в самой низкой точке главного коллектора располагается ГНС, которая направляет сточные воды на ОС.

4) К намеченным коллекторам присоединяется уличная сеть.

Общая схема трассировки сети представлена на рис. 9.2.

9.5. Определение расходов бытовых сточных вод

9.5.1. Определение расчетных расходов сточных вод от жилой застройки

Для проектирования водоотводящей сети необходимо знать расходы сточных вод от населения по районам, а также в целом по населенному пункту.

Расход сточных вод зависит от числа жителей $N_ж$, проживающих в данном районе, и величины удельного водоотведения $q_ж$.

Расчетное число жителей $N_ж$ определяется для каждого района населенного пункта по формуле

$$N_ж = p \cdot f \,, \tag{9.1}$$

где p – плотность населения, чел./га (1 район – 150 чел./га; 2 район – 180 чел./га);

f – площадь жилых кварталов по районам города, га.

При трассировке сети на генплане (см. рис. 9.2) была произведена разбивка на кварталы, тяготеющие к участкам водоотводящей сети.

Значения площадей кварталов сводятся в табл. 9.1.

Величина удельного водоотведения $q_ж$, согласно [1], условно приравнивается величине удельного водопотребления и принимается по [2, табл. 1] или по прил.1 настоящего учебного пособия в зависимости от степени благоустройства зданий, указанной в задании на проектирование.

Суточный (средний за год) расход сточных вод, м^3/сут, определяется по формуле

$$Q_{сут} = \sum \frac{q_ж \cdot N_ж}{1000} \,, \tag{9.2}$$

где $N_ж$ – расчетное число жителей, чел.;

$q_ж$ – удельное водоотведение, л/сут на 1 чел. (см. прил. 1).

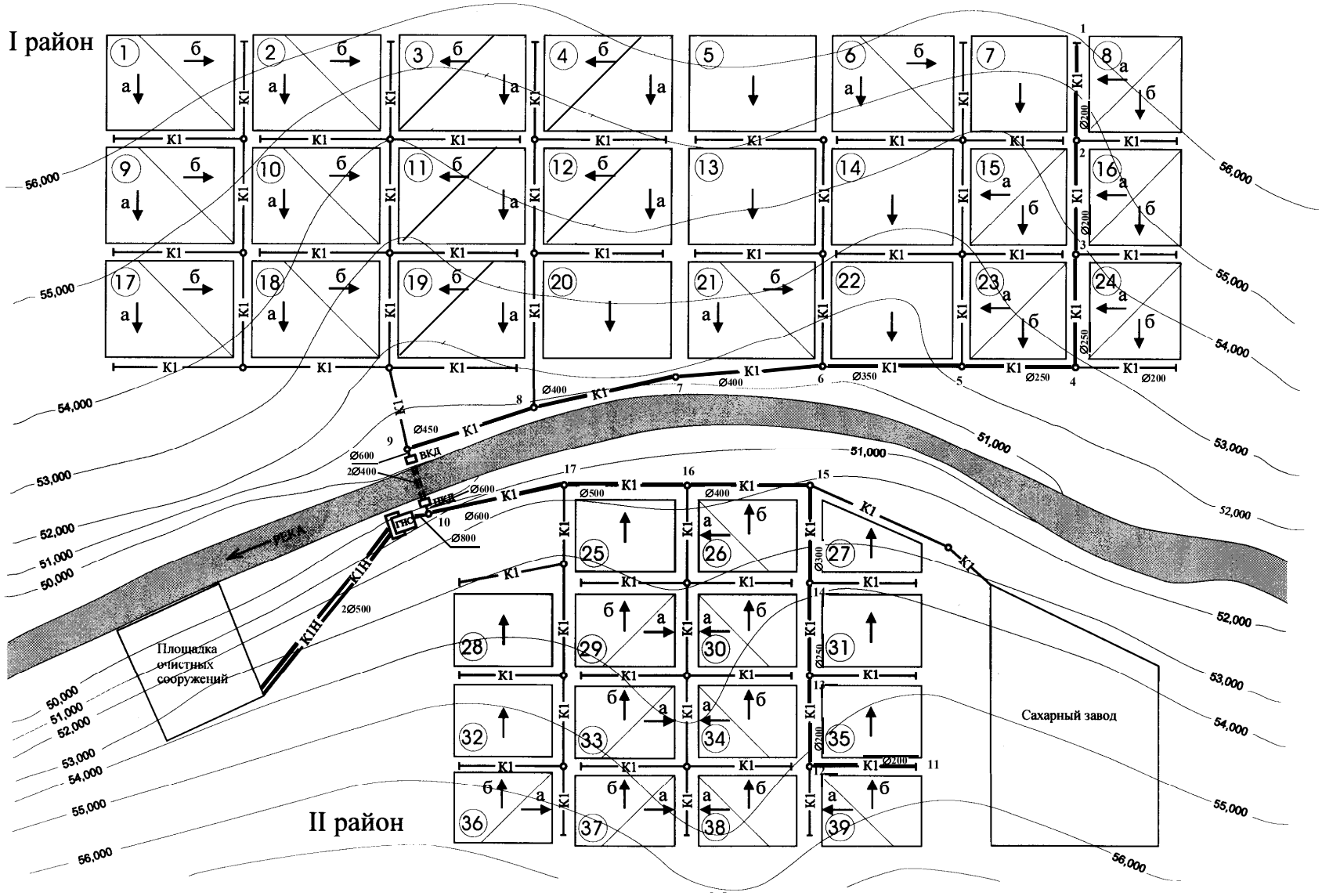

Рис. 9.2. Трассировка водоотводящей сети

Таблица 9.1

Ведомость канализуемых площадей

Номер района	Обозначение квартала или его части с одинаковой площадью	Площадь стока, га	Количество одинаковых по размеру площадей, шт.	Сумма одинаковых площадей, га
1	2	3	4	5
I	1а,2а,3а,4а,6а,9а,10а,11а, 12а,17а,18а,19а,21а	8	13	104
	1б,2б,3б,4б,6б,9б,10б,11б, 12б,17б,18б,19б,21б	4	13	52
	5,13,14,20,22	12	5	60
	8а,8б,15а,15б,16а,16б,23а, 23б,24а,24б	4,5	10	45
	7	9	1	9
Итого				270
II	25,31,35	8	3	24
	28,32,36а, 36б	7	3	21
	26а,29а,30а,33а,34а,37а, 38а,39а	2,6	8	20,8
	26б,29б,30б,33б,34б,37б, 38б,39б	5,4	8	43,2
	27	4	1	4
Итого				113
				∑383

Средний часовой расход q_{mid} в сутки среднего водоотведения вычисляется по формуле

$$q_{\text{mid}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{24}. \tag{9.3}$$

Средний секундный расход сточных вод q, л/с, определяется по формуле

$$q = \frac{q_{\text{mid}}}{3,6}. \tag{9.4}$$

По среднему секундному расходу q принимается общий максимальный коэффициент неравномерности $K_{gen.\max}$ [1, табл.2]. При этом $K_{gen.\max}$ принимается для каждого района в отдельности и для населенного пункта в целом.

Максимальный часовой расход q_w вычисляется по формуле

$$q_w = q_{\text{mid}} \cdot K_{gen.\max}. \tag{9.5}$$

Максимальный секундный расход $q_{\max}$ рассчитывается по формуле

$$q_{\max} = q \cdot K_{gen.\max}. \tag{9.6}$$

Результаты вычислений сводятся в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Расходы сточных вод, поступающих от населения города

№ района города	Площадь района f, га	Плотность населения p, чел./га	Количество жителей $N_ж$, чел.	Удельное водоотведение $q_ж$, л/сут на 1 чел	Средние расходы			$K_{gen\ max}$	Максимальные расходы	
					суточный $Q_{сут}$, м^3/сут.	часовой q_{mid}, м^3/ч	секундный q, л/с		часовой q_w, м^3/ч	секундный q_{max}, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	270	150	40500	200	8100	337,5	93,8	1,61	543,4	151
II	113	180	20340	300	6102	254,3	70,6	1,66	422,2	117,2
Итого	383		60840		14202	591,8	164,4	1,58	935	259,8

9.5.2. Определение расходов сточных вод от промпредприятия

Сахарный завод, располагаемый на территории населенного пункта, сбрасывает сосредоточенный расход сточных вод в городскую водоотводящую сеть. Данный расход складывается из бытовых, душевых и производственных расходов сточных вод.

Расходы бытовых сточных вод промпредприятия за смену, м^3/см., вычисляются по формулам:

$$Q_с = \frac{q_с \cdot N_с}{1000}, \tag{9.7}$$

$$Q_h = \frac{q_h \cdot N_h}{1000}, \tag{9.8}$$

где $Q_с$ – расход сточных вод в холодных цехах, м^3/см.;

Q_h – то же в горячих цехах, м^3/см.;

$q_с$ – удельное водоотведение на одного работающего в холодных цехах, равное 25 л/см. [3];

q_h – то же в горячих цехах, равное 45 л/см. [3];

$N_с$ – число работающих в холодных цехах, чел.;

N_h – то же в горячих цехах, чел.

Расход душевых сточных вод q_{sh}, м^3/ч, определяется по формулам:

– для холодных цехов

$$q_{sh.c} = \frac{500 \cdot n_c}{1000}, \tag{9.9}$$

– для горячих цехов

$$q_{sh.h} = \frac{500 \cdot n_h}{1000}, \qquad (9.10)$$

где n_c – количество душевых сеток, работающих после каждой смены в холодных цехах, шт.;

n_h – то же в горячих цехах, шт.

Количество душевых сеток n_c, n_h определяется исходя из числа работников, пользующихся душем в данном цехе, и числа работников, обслуживаемых одной душевой сеткой в зависимости от группы производственного процесса:

$$n_c = \frac{N_{sh.c.}}{m_c}, \qquad (9.11)$$

$$n_h = \frac{N_{sh.h}}{m_h}, \qquad (9.12)$$

где $N_{sh.c}$, $N_{sh.h}$ – число работников, пользующихся душем, соответственно в холодных и горячих цехах, чел.;

m_c, m_h – число работников на одну душевую сетку (см. прил. 3), чел.

Данные расчета сводятся в табл. 9.3.

9.5.3. Определение суммарных расходов сточных вод от всех категорий потребителей

Определив расход сточных вод для всех категорий потребителей, назначают график притока сточных вод к главной насосной станции (ГНС). Расчет суммарного притока сточных вод приведен в табл. 9.4. Заполнение табл. 9.4 производится в следующей последовательности. График водоотведения от населения принят по $K_{gen.\max}$=1,58 (см. табл.9.2). Ближайший типовой график $K_{gen.\max}$=1,6. Максимально-часовой расход от населения $q_{ч.\max}$=4,17·1,58=6,59% от $Q_{сут}$. Поэтому производятся коррективы по типовому графику (см. прил. 4).

Душевые воды сбрасываются в первый час после каждой смены. Производственные стоки отводятся неравномерно в зависимости от вида технологического процесса. $K_{час}$=2,27. На основании расчетов час максимального притока на ГНС – с 8 до 9 часов. Расход стоков в этот час составляет 1097,5 м^3/ч.

Таблица 9.3

Расходы бытовых и душевых сточных вод от промпредприятия по сменам

Номер смены	Часы работы	Количество работающих, чел.			Бытовые стоки				Душевые стоки							
					холодные цехи		горячие цехи		холодные цехи				горячие цехи			
		всего	в холодных цехах	в горячих цехах	q_c, л/смену на 1 чел.	Q_c, м^3/смену	q_h, л/смену на 1 чел.	Q_h, м^3/смену	$N_{sh.c}$, чел.	m_c, чел.	n_c, шт.	$q_{sh..c}$, м^3/ч	$N_{sh.h}$, чел.	m_h, чел.	n_h, шт.	$q_{sh.h}$, м^3/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I	8-16	1700	1190	510	25	29,8	45	23	357	5	71	35,5	153	5	31	15,5
II	16-24	1400	980	420	25	24,5	45	19	294	5	58	29	126	5	25	12,5
III	24-8	1000	700	300	25	17,5	45	13,5	210	5	42	21	90	5	18	9
Итого		4100				71,8		55,5				85,5				37

Таблица 9.4

Суммарные расходы притока сточных вод на ГНС

Часы суток	Бытовые стоки от населения города		Расход сточных вод от промпредприятия									Суммарный расход сточных вод, м^3	С учетом неучтенных расходов, м^3
			холодные цехи			горячие цехи			технологические		суммарный расход, м^3		
			бытовые		душевые, м^3	бытовые		душевые, м^3					
	%	м^3	%	м^3		м^3	%		%	м^3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0-1	1,65	234,3	12,5	2,2	29	12,5	1,7	12,5	2,01	34,2	79,6	313,9	329,6
1-2	1,65	234,3	6,25	1,1	-	8,12	1,1	-	1,43	24,3	26,5	260,8	273,84
2-3	1,65	234,3	6,25	1,1	-	8,12	1,1	-	0,9	15,3	17,5	251,8	264,39
3-4	1,58	224,3	6,25	1,1	-	8,12	1,1	-	0,9	15,3	17,5	241,8	253,89
4-5	1,55	220,1	18,75	3,3	-	15,65	2,1	-	3,42	58,1	63,5	283,6	297,78
5-6	4,35	617,8	37,5	6,5	-	31,25	4,2	-	3,72	63,2	73,9	691,7	726,3
6-7	5,95	845,5	6,25	1,1	-	8,12	1,1	-	6,97	118,5	120,7	966,2	1014,51
7-8	5,8	823,7	6,25	1,1	-	8,12	1,1	-	3,42	58,1	60,3	884	928,2
8-9	6,59	935,9	12,5	3,7	21	12,5	2,8	9	4,28	72,8	109,3	1045,2	1097,46
9-10	6,49	921,7	6,25	1,9	-	8,12	1,9	-	5,16	87,7	91,5	1013,2	1063,86
10-11	6,49	921,7	6,25	1,9	-	8,12	1,9	-	5,16	87,7	91,5	1013,2	1063,86
11-12	4,8	681,7	6,25	1,9	-	8,12	1,9	-	9,48	161,2	465	846,2	888,51
12-13	3,95	560,9	18,75	5,5	-	15,65	3,5	-	8,69	147,8	156,8	717,7	753,6
13-14	5,55	788,2	37,5	11,1	-	31,25	7,2	-	6,97	118,5	136,8	925,7	971,9
14-15	6,05	859,2	6,25	1,9	-	8,12	1,9	-	5,16	87,7	91,5	950,7	998,24
15-16	6,05	859,2	6,25	1,9	-	8,12	1,9	-	5,16	87,7	91,5	950,7	998,24
16-17	5,6	798,3	12,5	3,2	35,5	12,5	2,4	15,5	4,28	72,8	129,4	924,7	970,94
17-18	5,6	795,3	6,25	1,5	-	8,12	1,5	-	2,72	46,2	49,2	844,5	886,73
18-19	4,3	610,7	6,25	1,5	-	8,12	1,5	-	2,72	46,2	49,2	659,9	692,9
19-20	4,35	617,8	18,75	4,6	-	15,65	3,1	-	4,28	72,8	80,5	698,3	733,22
20-21	4,35	617,8	37,5	9,2	-	31,25	6	-	4,15	70,6	85,8	703,6	738,8
21-22	2,35	333,7	6,25	1,5	-	8,12	1,5	-	4,28	72,8	75,8	409,5	429,98
22-23	1,65	234,3	6,25	1,5	-	8,12	1,5	-	2,72	46,2	49,2	283,5	297,7
23-24	1,65	234,3	6,25	1,5	-	8,12	1,5	-	2,02	34,3	37,3	271,6	285,2
ИТОГО:	100 %	14202	300%	71,8	85,5	300%	55,5	37	100%	1700	1949,8	16152	16959,6

9.5.4. Определение расчетных расходов сточных вод на участках водоотводящей сети

Перед началом гидравлического расчета сеть и коллекторы разбиваются на расчетные участки. В курсовом проекте рассчитываются только главный коллектор от диктующей точки до ГНС и диктующая ветка к главному коллектору.

Расходы сточных вод на участках сети находим методом определения расходов по модулю стока.

Расход сточных вод для каждого расчетного участка может складываться из следующих расходов:

– попутного $q_п$, поступающего с прилегающего квартала по всей длине участка;

– транзитного $q_{тр}$, поступающего с предварительно рассчитанного вышележащего участка;

– бокового $q_{бок}$, поступающего с боковой ветки, присоединяемой к расчетному участку в начале участка;

– сосредоточенного $q_{сос}$, поступающего от сахарного завода.

Модуль стока q_0, л/с на 1 га, определяется для каждого района по формуле

$$q_0 = \frac{q_ж \cdot p}{24 \cdot 3600}, \tag{9.13}$$

где $q_ж$ – удельное водоотведение, л/сут на 1 чел. (см. графу 5 табл. 9.2);

p – плотность населения, чел./га (см. графу 3 табл. 9.2).

Попутный расход сточных вод, л/с, на любом участке сети вычисляется по формуле

$$q_п = q_0 \cdot f, \tag{9.14}$$

где f – площадь жилой застройки, тяготеющая к расчетному участку, га (см. графу 3 табл. 9.1).

Сеть рассчитывается на максимальный секундный расход, л/с, который определяется по формуле

$$q_{max} = q \cdot K_{gen\,max} + q_{сос}, \tag{9.15}$$

где $K_{gen.max}$ – максимальный коэффициент общей неравномерности, принимаемый по [1, табл.2] в зависимости от суммарного среднесекундного расхода, вычисляемого по формуле

$$q = (q_п + q_{бок}) + q_{тр}, \tag{9.16}$$

$q_{сос}$ – максимальный секундный расход, л/с, поступающий в городскую сеть от промпредприятия,

$$q_{\text{сос}} = \frac{Q_{\text{п/п}}}{3,6}; \qquad (9.17)$$

здесь $Q_{\text{п/п}}$ – максимальный часовой расход стоков от промпредприятия, принимаемый по графе 12 табл. 9.4.

Определение расчетных расходов на участках сети выполняется в табличной форме (табл.9.5).

На участках 1-2; 2-3; 11-12, согласно расчету, средний расход сточных вод q составил менее 5 л/с, поэтому участки считаются безрасчетными, и максимальный секундный расход $q_{\max}$ не вычисляется. При гидравлическом расчете сети диаметр на участках принимается 200 мм.

9.6. Гидравлический расчет водоотводящей сети

Целью гидравлического расчета водоотводящей сети является определение диаметров труб, их наполнения при пропуске расчетного расхода, уклонов, которые необходимо придать трубам для создания в них самоочищающей скорости движения сточных вод, с последующим вычислением потерь напора на участке сети (падение трубопровода). Данные гидравлического расчета используются при построении продольного профиля сети на ее расчетных участках.

Назначение диаметров труб осуществляется по таблицам [6] методом подбора и производится с учетом максимальных секундных расходов $q_{\max}$ (см. табл. 9.5), допустимых скоростей и наполнений, указанных в [1, табл.16], а также с учетом уклона поверхности земли и минимального уклона трубы для каждого диаметра.

На основании гидравлического расчета определяются:

– слой воды в трубе, м:

$$h_w = \frac{h}{d} \cdot d, \qquad (9.18)$$

где h/d – наполнение трубы;

d – диаметр, м;

– падение трубопровода на участке, м:

$$h_e = i \cdot l, \qquad (9.19)$$

где i – уклон трубопровода;

l – длина участка сети, м.

Расчет производится в табличной форме (табл. 9.6).

Таблица 9.5

Определение расчетных расходов на участках водоотводящей сети

Номер участка	Попутный и боковой расходы				$q_{тр}$, л/с	q, л/с	$K_{gen\ max}$	$q \cdot K_{gen\ max}$	$q_{сос}$, л/с		q_{max}, л/с
	номер квартала	f, га	q_0, л/с на 1 га	q_0+q_c, л/с					местный	транзит-ный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Главный коллектор											
1-2	8а	4,5	0,35	1,58	-	1,58	-	-	-	-	-
2-3	8б,16а	9	0,35	3,15	1,58	4,73	-	-	-	-	-
3-4	16б,24а	9	0,35	3,15	4,73	7,88	2,28	17,97	-	-	17,97
4-5	24б,23б	9	0,35	3,15	7,88	11,03	2,08	22,94	-	-	22,94
5-6	22,6а,6б,7,14,15а,15б,23а	58,5	0,35	20,48	11,03	31,51	1,82	57,35	-	-	57,35
6-7	5,13,21а,21б	36	0,35	12,6	31,51	44,11	1,76	77,63	-	-	77,63
7-8	20	12	0,35	4,2	44,11	48,31	1,72	83,09	-	-	83,09
8-9	4а,4б,12а,12б	24	0,35	8,4	48,31	56,71	1,69	95,84	-	-	95,84
9-ВКД	1а,1б,9а,9б,17а,17б,2а,2б,10а, 10б,18а,18б,3а,3б,11а,11б,19а,19б	108	0,35	37,8	56,71	94,51	1,61	152,16	-	-	152,16
ВКД-НКД	-		0,35	-	94,51	94,51	1,61	152,16	-	-	152,16
НКД-10	-		0,35	-	94,51	94,51	1,61	152,16	-	-	152,16
10-ГНС	II район	113	0,63	71,19	94,51	165,7	1,58	261,8	45,83	-	307,63
Приток											
11-12	39б	5,4	0,63	3,4	-	3,4	-	-	-	-	-
12-13	39а	2,6	0,63	1,64	3,4	5,04	2,5	12,6	-	-	12,6
13-14	35	8	0,63	5,04	5,04	10,08	2,1	21,17	-	-	21,17
14-15	31	8	0,63	5,04	10,08	15,12	2,0	30,24	-	-	30,24
15-16	27,26б	9,4	0,63	5,92	15,12	21,04	1,89	39,77	45,83	-	85,6
16-17	25,26б,30а,30б,34а,34б,38а, 38б,37а,37б,33а,33б,29а,29б	58,6	0,63	36,92	21,04	57,96	1,69	97,95	-	45,83	143,8
17-10	36а,36б,32,28	21	0,63	13,23	57,96	71,19	1,66	118,18	-	45,83	164,01

Таблица 9.6

Ведомость гидравлического и геодезического расчета водоотводящей сети

Номер расчетного участка	Длина участка l, м	Расчетный расход q_{max}, л/с	Диаметр трубопровода d, мм	Уклон i	Скорость потока V, м/с	Наполнение		Падение на расчетном участке сети	Геодезические отметки, м						Глубина заложения H, м		Прим.
						$\frac{h}{d}$	слой воды h, м		поверхности земли $Z_{п.з.}$		поверхности воды $Z_в$		лотка трубы $Z_л$				
									ВН	ВК	ВН	ВК	ВН	ВК	ВН	ВК	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Главный коллектор																	
1-2	320	-	200	0,005	-	-	-	1,6	55,80	54,60	-	-	53,26	51,66	2,54	2,94	
2-3	350	-	200	0,005	0,71	-	-	1,75	54,60	54,00	-	-	51,624	49,874	2,98	4,13	
3-4	330	17,97	250	0,004	0,72	0,51	0,128	1,32	54,00	52,90	49,952	48,632	49,824	48,504	4,18	4,40	
4-5	360	22,94	250	0,004	0,76	0,59	0,148	1,44	52,90	52,20	48,632	47,192	48,484	47,044	4,42	5,16	НС подъем 3 м
5-6	450	57,35	350	0,003	0,86	0,66	0,198	1,35	52,20	51,50	50,242	48,892	50,044	48,694	2,16	2,81	
6-7	450	77,63	400	0,0025	0,86	0,68	0,272	1,125	51,5	51,20	48,892	47,767	48,620	47,495	2,88	3,71	
7-8	450	83,09	400	0,0027	0,87	0,7	0,28	1,215	51,20	50,80	47,767	46,552	47,487	46,272	3,71	4,53	
8-9	420	95,84	450	0,0025	0,91	0,62	0,279	1,05	50,80	50,50	46,501	45,451	46,222	45,172	4,58	5,33	
9-ВКД	20	152,16	600	0,0025	1,04	0,52	0,312	0,05	50,50	50,00	45,334	45,284	45,022	44,972	5,48	5,03	
НКД-10	20	152,16	600	0,0025	1,04	0,52	0,312	0,05	50,00	50,50	44,638	44,588	44,326	44,276	5,67	6,22	
10-ГНС	50	307,63	800	0,0016	1,04	0,58	0,464	0,08	50,50	50,50	44,540	44,460	44,076	43,996	6,42	6,50	
Приток																	
11-12	390	-	200	0,005	-	0,47	0,094	1,95	55,50	55,20	53,464	51,514	53,37	51,42	2,13	3,78	
12-13	270	12,6	200	0,005	0,72	0,55	0,11	1,35	55,20	54,50	51,514	50,164	51,404	50,054	3,80	4,45	
13-14	290	21,17	250	0,004	0,76	0,57	0,143	1,16	54,50	53,80	50,147	48,987	50,004	48,844	4,50	4,96	
14-15	280	30,24	300	0,0037	0,8	0,55	0,165	1,036	53,80	52,20	48,959	47,923	48,794	47,758	5,01	4,44	
15-16	400	85,6	400	0,0027	0,9	0,7	0,28	1,08	52,20	51,80	47,923	46,843	47,643	46,563	4,56	5,24	
16-17	420	143,8	500	0,002	0,92	0,74	0,37	0,84	51,80	51,30	46,833	45,993	46,463	45,623	5,34	5,68	
17-10	420	164,01	600	0,0023	1	0,6	0,36	0,966	51,30	50,50	45,883	44,917	45,523	44,557	5,78	5,94	
												44,588		44,228		6,27	

9.7. Определение начального заглубления водоотводящей сети

После трассировки сети (см. рис. 9.2) были выбраны диктующие точки для главного коллектора (точка 1) и притока (точка 11), относительно которых определялось начальное заглубление.

Минимально допустимая глубина заложения трубопровода $h_{\min}$ в диктующей точке А относительно внутриквартальной застройки, а также по всем участкам сети определяется согласно [1, п. 4.8] по формуле

$$h_{\min} = \left(h_{\text{г.п.г}} - 0,3\right) \geq 0,7 + d\,, \qquad (9.20)$$

где $h_{\text{г.п.г}}$ – глубина промерзания грунта, м, $h_{\text{г.п.г}}$=1,4 м (см. задание);

d – диаметр внутриквартальной сети, принимаемый равным или более 150 мм, м.

$$h_{\min} = (1,4 - 0,3) \geq 0,7 + d\,.$$

Согласно [1, п. 2.41] уклон прокладки трубопровода диаметром 150 мм принимается равным 0,007.

Протяженность сети от точки А до диктующей точки I определяется по генплану (см. рис.9.2 и 9.3). Глубина колодца (до лотка) в начальной точке уличной сети, м, рассчитывается по формуле

$$H_{\text{нач}} = h_{\min} + i_{\min} \cdot l - \left(Z_н - Z_k\right) + \Delta d\,, \qquad (9.21)$$

где $h_{\min}$ – минимальная глубина заложения трубопровода, м;

$i_{\min}$ – минимальный уклон трубопровода внутриквартальной сети;

l – длина внутриквартальной сети, м;

$Z_{\text{н}}$ – отметка поверхности земли в начале внутриквартальной сети, м;

$Z_{\text{к}}$ – отметка поверхности земли в начале уличной сети, м;

Δd – разница в диаметрах труб уличной и внутриквартальной сети, Δd=0,05 м.

Минимально допустимая глубина заложения трубопровода

$$h_{\min} = h_{\text{г.п.г}} - 0,3 = 1,4 - 0,3 = 1,1 \text{ м}\,.$$

Начальная глубина заложения уличной сети:

✓ главный коллектор

$$H_1 = 1,1 + 300 \cdot 0,007 - (56,51 - 56,1) + 0,05 = 2,54 \text{ м}\,,$$

✓ приток

$$H_{11} = 1,1 + 240 \cdot 0,007 - (56,3 - 55,4) + 0,05 = 2,13 \text{ м}\,.$$

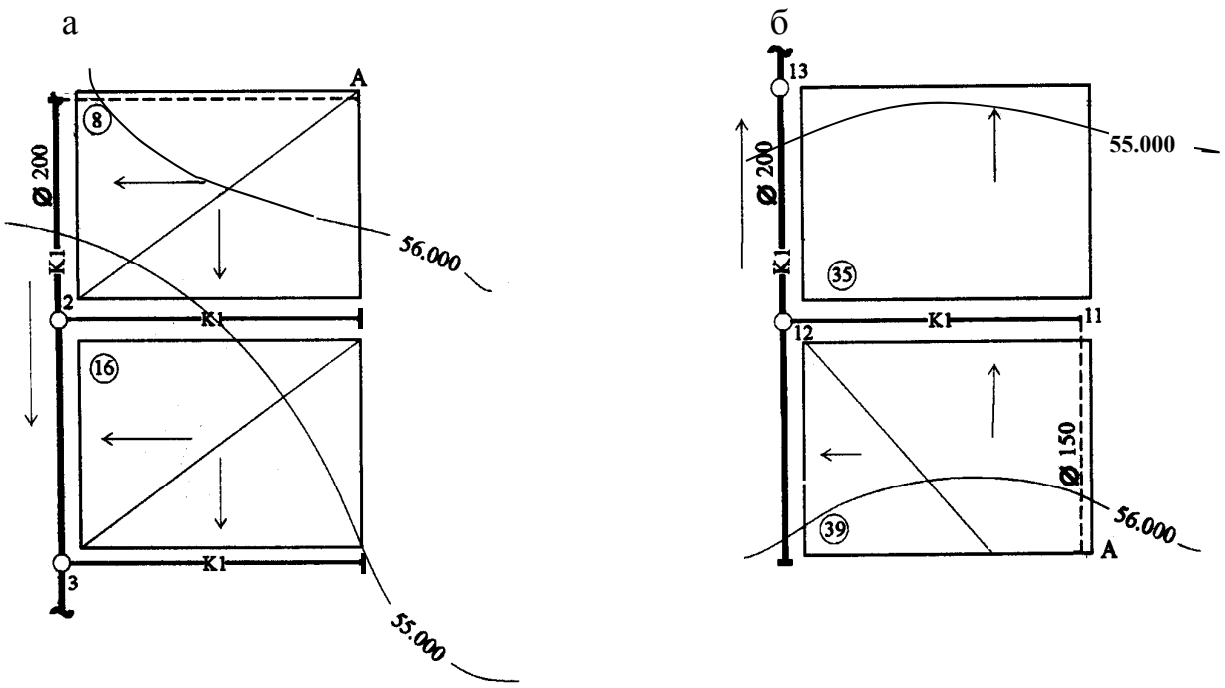

Рис. 9.3. Определение глубины первоначального колодца:
а – главный коллектор; б – приток

9.8. Геодезический расчет сети

Целью геодезического расчета сети является определение отметок лотков, поверхности воды и глубины заложения трубопроводов.

Расчет начинается с диктующей точки, в которой определяется отметка лотка трубы:

$$Z_{л}^{ДТ} = Z_{л}^{ВН} = Z_{п.з}^{ДТ} - H_{нач}, \qquad (9.22)$$

где $H_{нач}$ – глубина заложения уличной сети в «1» и «11» точках.

Отметка лотка в конце любого участка сети находится по формуле

$$Z_{л}^{ВК} = Z_{л}^{ВН} - h_l, \qquad (9.23)$$

где $Z_{л}^{ВК}$ – отметка лотка в конце участка, м;

$Z_{л}^{ВН}$ – отметка лотка в начале участка, м;

h_l – падение трубопровода, м.

Отметка лотка в начале второго и всех последующих участков определяется по формуле

$$Z_{л}^{ВН} = Z_{л}^{ВК} - \Delta h, \qquad (9.24)$$

где $Z_{л}^{ВК}$ – отметка лотка в конце предыдущего участка, м;

Δh – разница в диаметрах труб рассчитываемого и предыдущего участков при соединении труб «шелыга в шелыгу» или в слоях воды при соединении труб «по уровням воды», м.

Отметка поверхности воды определяется по формуле

$$Z_{\text{в}}^{\text{ВН,ВК}} = Z_{\text{л}}^{\text{ВН,ВК}} + h_w, \tag{9.25}$$

где $Z_{\text{в}}^{\text{ВН,ВК}}$ – отметка поверхности воды в начале или в конце участка, м;

$Z_{\text{л}}^{\text{ВН,ВК}}$ – отметка лотка трубы в начале или в конце участка, м;

h_w – слой воды на рассчитываемом участке, м.

Глубина заложения трубы в любой точке сети вычисляется по формуле

$$H = Z_{\text{п.з}}^{\text{ВН,ВК}} - Z_{\text{л}}^{\text{ВН,ВК}} \geq h_{\min}, \tag{9.26}$$

где $Z_{\text{п.з}}^{\text{ВН,ВК}}$ – отметка поверхности земли в начале или в конце участка, м;

$h_{\min}$ – минимально допустимое заложение трубы, м.

На участке 4-5 глубина заложения >7 м, поэтому устанавливается шнековая насосная станция.

Гидравлический и геодезический расчет водоотводящей сети производится в табличной форме (см. табл. 9.6).

Как показали расчеты, участки 1-2 и 11-12 являются безрасчетными, поэтому скорость на них в табл.9.6 не указывается.

На основании гидравлического и геодезического расчета строится продольный профиль по основной трассе (рис. 9.4).

9.9. Дюкер

Транспортирование сточных вод через реку с I района во II район населенного пункта производится самотечно-напорным дюкером.

Дюкер работает полным сечением в напорном режиме и состоит из входной верхней (ВКД), выходной нижней (НКД) камер и напорных трубопроводов.

Согласно [1] дюкер проектируется в две линии из стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией диаметром не менее 150 мм.

При проектировании дюкеров необходимо учитывать рекомендации [1, п.4.38].

На основании геодезического расчета (см. табл. 9.6) глубина заложения подводящего самотечного коллектора к ВКД составляет 5,028 м. По трассировке главная насосная станция располагается вблизи НКД на расстоянии 70 м. Поэтому нецелесообразно устраивать перед дюкером насосную станцию для переброса стоков через водоем, и дюкер проектируем в две нитки, одна из которых является рабочей, а другая – резервной.

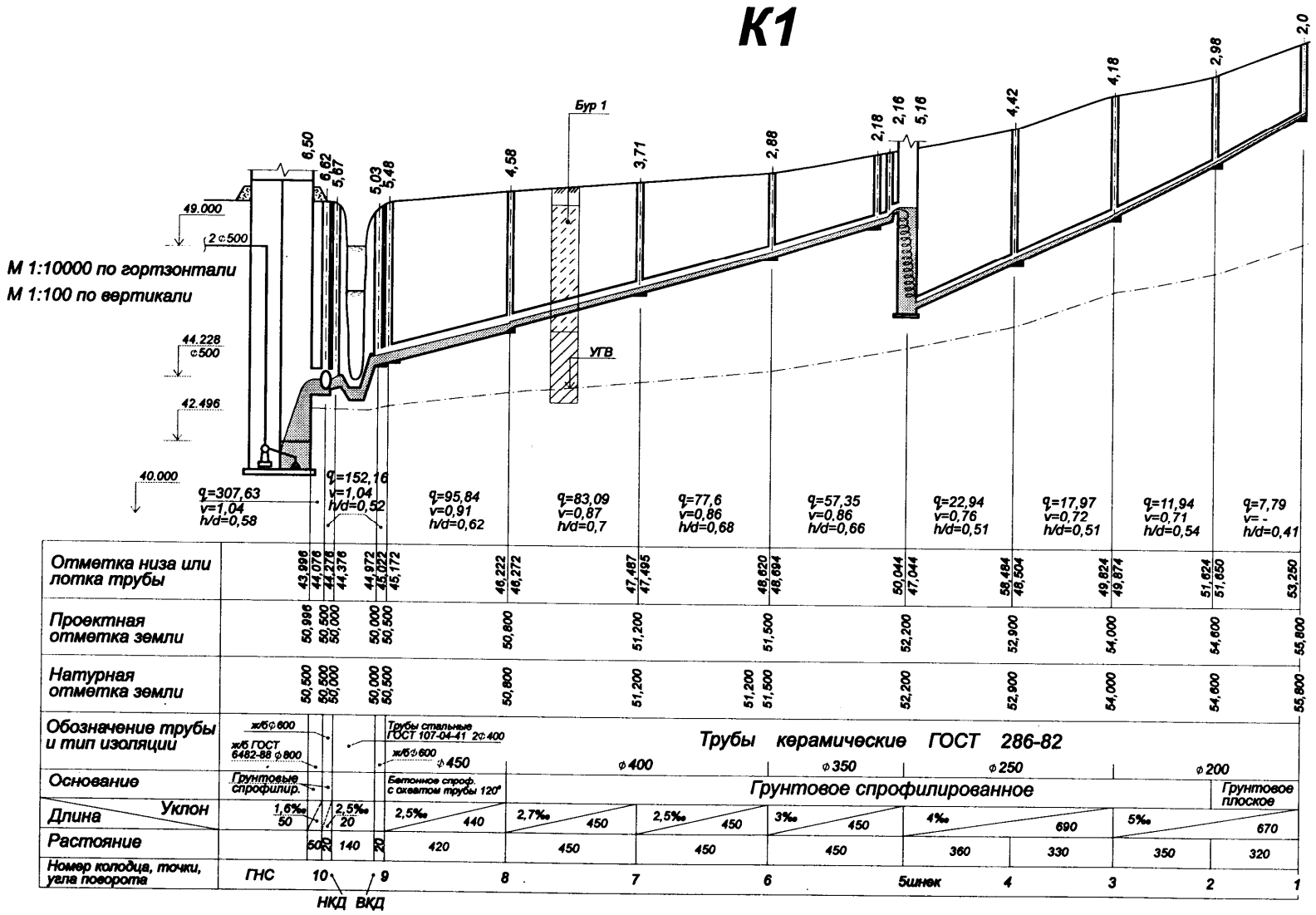

Рис.9.4. Продольный профиль водоотводящей сети по главному коллектору до ГНС

Расчетный расход q_{max}, л/с, проходит по одной линии дюкера

$$q_{max}=152,16 \text{ л/с}.$$

Диаметр труб $D_у$, мм, дюкера определяется согласно [1, п. 2.37]. Расчетная скорость движения сточных вод в дюкере принимается не менее 1 м/с, при учете скорости движения сточных вод к дюкеру в подводящем коллекторе. При пропуске расхода q_1=152,16 л/с, со скоростью на подводящем коллекторе v=1,04 м/с, по [7] подбирают диаметр $D_у$, мм, гидравлический уклон i и скорость v_1, м/с: $D_у$ = 400 мм, v_1 = 1,13 м/с; i = 0,00434; q_1=152,16 л/с.

Потери напора на трение по длине $h_{тр}$, м:

$$h_{тр} = i \cdot l, \tag{9.27}$$

где i – гидравлический уклон;

l – длина трубопроводов дюкера между ВКД и НКД, м.

$$h_{тр} = 0,00434 \cdot 140 = 0,6076 \text{ м}.$$

Потери напора на местные сопротивления в дюкере учитываются: на входе в трубу, на поворотах, на выходе из трубы. Сопротивление в задвижке при полном открытии равно нулю. Потери напора на входе в трубу h_1, м:

$$h_1 = \xi_1 \frac{v_1^2}{2g}, \tag{9.28}$$

где ξ_1 – коэффициент сопротивления на входе в трубу (при нормальном режиме работы дюкера ξ_1=0,2);

v_1 – скорость движения сточных вод в дюкере, м/с.

$$h_1 = 0,2 \cdot \frac{1,13^2}{2 \cdot 9,8} = 0,013 \text{ м}.$$

Потери на выходе из дюкера h_2, м, определяются по формуле

$$h_2 = \frac{(v_1 - v)^2}{2g}, \tag{9.29}$$

где v – скорость движения воды в отводящем коллекторе, м/с;

v_1 – скорость движения сточных вод в дюкере, м/с.

$$h_2 = 0,0004 \text{ м}.$$

Потери на повороте трубы h_3, м, рассчитываются по формуле

$$h_3 = \xi_{90} \sin\alpha \frac{v_1^2}{2g} = \xi_3 \frac{v_1^2}{2g}, \tag{9.30}$$

где ξ_{90} – сопротивление на повороте трубы на угол α = 90° (ξ_{90}=0,23) [10];

α – угол поворота;

ξ_3 – сопротивление на повороте трубы на угол α.

Сопротивление на повороте трубы на угол α = 30° :

$$\xi_{30} = 0,23 \sin 30^\circ = 0,23 \cdot 0,5 = 0,115. \quad (9.31)$$

Сопротивление на повороте трубы на угол α = 20°:

$$\xi_{20} = 0,23 \sin 20^\circ = 0,23 \cdot 0,34 = 0,078. \quad (9.32)$$

Тогда получим следующие значения потерь напора в углах поворота:

– нисходящей линии h_3' (2 поворота на угол α = 30°):

$$h_3' = \xi_{30} \frac{v_1^2}{2g}, \quad (9.33)$$

$$h_3' = 0,115 \cdot \frac{1,13^2}{2 \cdot 9,8} = 0,0075 \text{ м};$$

– восходящей линии h_3'' (2 поворота на угол α = 20°):

$$h_3'' = \xi_{20} \frac{v_1^2}{2g}, \quad (9.34)$$

$$h_3'' = 0,078 \cdot \frac{1,13^2}{2 \cdot 9,8} = 0,0051 \text{ м}.$$

Сумма местных потерь напора $h_м$, м, в дюкере:

$$h_м = h_1 + h_2 + 2h_3' + 2h_3'', \quad (9.35)$$

$$h_м = 0,013 + 0,0004 + 2 \cdot 0,0075 + 2 \cdot 0,0051 = 0,0386 \text{ м}.$$

Общие потери напора в дюкере h, м:

$$h = h_{тр} + h_м, \quad (9.36)$$

$$h = 0,6076 + 0,0386 = 0,6462 \text{ м}.$$

Отметка воды $Z_в^{НКД}$, м, в НКД:

$$Z_в^{НКД} = Z_в^{ВКД} - h, \quad (9.37)$$

где $Z_в^{ВКД}$ – отметка воды в верхней камере дюкера, м.

$Z_в^{НКД} = 45,284 - 0,6462 = 44,638$ м.

Отметка лотка $Z_{л}^{НКД}$, м, в НКД:

$$Z_{л}^{НКД} = Z_{в}^{НКД} - h_w, \qquad (9.38)$$

где h_w – слой воды в трубе на отводящем участке сети от дюкера, м.

$$Z_{л}^{НКД} = 44,638 - 0,312 = 44,326 \text{ м}.$$

9.10. Проектирование ГНС

Для подачи стоков на очистные сооружения устраиваем насосную станцию для перекачки сточных вод. ГНС располагается за пределами города вблизи НКД и перекачивает стоки двумя напорными водоводами на площадку ОС, располагаемую на расстоянии 500 м от жилой зоны [1, табл.1].

Расчет насосной станции включает: подбор насосов и выбор основного оборудования насосной станции, определение вместимости приемного резервуара. Напорные водоводы прокладываются в две нитки из асбестоцементных труб протяженностью 500 м. Расход по каждой нитке: $q_1 = \frac{1097,46}{2 \cdot 3,6} = 152,4$ л/с. По [7] принимаем d=400 мм, v=1,43 м/с, i=0,0048. При аварии на одной нитке водовода потери возрастают: d=400 мм, v=2,86 м/с, i=0,0174.

Подбор насосов осуществляется по максимальному часовому притоку к ГНС (см. табл.9.4, графа 14).

Подача одного насоса, м^3/ч, составляет:

$$q_{hr}^{sp} = \frac{q_w}{n}, \qquad (9.39)$$

где q_{hr}^{sp} – часовой расход воды, подаваемой насосом, м^3/ч;

q_w – максимальный часовой приток сточных вод, м^3/ч;

n – количество рабочих насосов.

$$q_{hr}^{sp} = \frac{1097,46}{3} = 366 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Напор насоса определяется по формуле

$$H_p = H_г + h_{вод} + h_{н.с} + h_{св}, \qquad (9.40)$$

где H_p – напор насоса, м;

$H_г$ – геометрическая высота подъема сточной воды, м,

$$H_г = Z_1 - Z_2; \qquad (9.41)$$

здесь Z_1 – отметка подачи сточных вод, принимаемая на 2 м выше отметки земли в месте расположения приемной камеры очистных сооружений, м;

Z_2 – отметка откачки сточных вод, принимаемая на 1,5 м ниже отметки лотка подводящего коллектора к ГНС, м;

$$H_г = (53,5 + 2) - 42,496 = 13,004 \text{ м};$$

$h_{вод}$ – потери набора в напорном трубопроводе, м,

$$h_{вод} = 1,1 \cdot i \cdot l; \qquad (9.42)$$

здесь i – гидравлический уклон напорного трубопровода [7];

l – длина напорного трубопровода от ГНС до очистных сооружений (см. рис. 9.2), l=500 м;

$$h_{вод} = 1,1 \cdot 0,0048 \cdot 500 = 2,64 \text{ м},$$

$$h_{вод} = 1,1 \cdot 0,0174 \cdot 500 = 9,57 \text{ м (при аварии)};$$

$h_{св}$ – свободный напор на излив, принимаемый равным 1 м;

$h_{н.с}$ – потери напора внутри насосной станции, принимаемые равными 2 м.

$$H_p = 13,004 + 2,64 + 1 + 2 \approx 18,64 \text{ м},$$

$$H_p^{ав} = 13,004 + 9,57 + 1 + 2 = 25,57 \text{ м (при аварии)}.$$

По подаче Q=366 м^3/ч и напору H=25,57 м выбираем насос марки СМ 250-200-400/6. Техническая характеристика: диаметр рабочего колеса 400 мм, Q=366 м^3/ч, H=26 м, η=66%, n=1000 об/мин, Δh=5м. Тип электродвигателя 4А250S6. Характеристика насоса приведена на рис. 9.5.

ГНС принята I категории надежности.

Согласно [1, табл. 21] для трех рабочих насосов принимаются два резервных. Общее число насосов – пять. Принимаем канализационную насосную станцию по ТП 902-1-152.88 с глубиной заложения подводящего коллектора 7 м (по расчету – 6,504 м). Подземная часть круглая в плане, диаметром 14 м, из сборного монолита. Надземная часть прямоугольная 18×12 м. Сточные воды поступают в приемный резервуар ГНС. Вместимость приемного резервуара согласно [1, п.5.18] должна обеспечивать не менее 5-минутной максимальной производительности одного из насосов $W_{пр} \geq \frac{366 \cdot 5}{60} \geq 30,5$ м^3. Емкость приемного резервуара согласно ТП 902-1-152.88 составит $W_{пр}$=45 м^3.

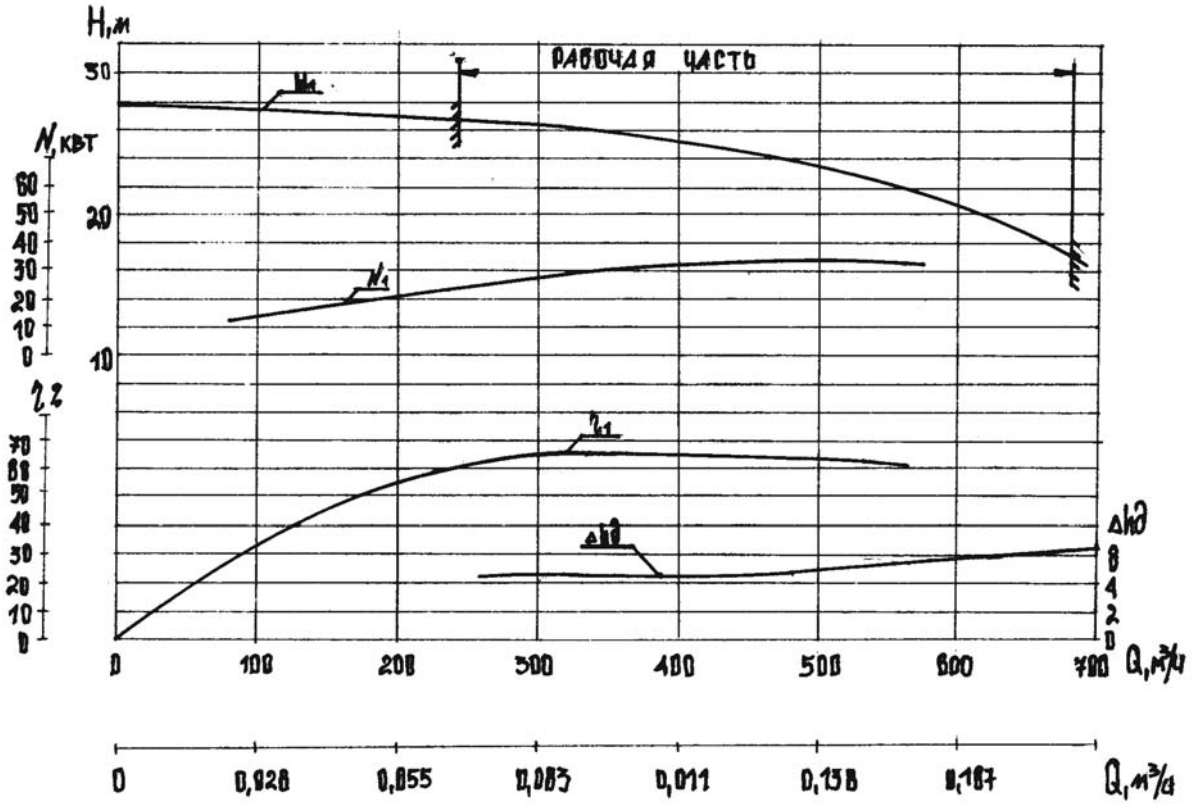

Рис. 9.5. Характеристика насоса СМ 250-200-400/6

9.11. Устройство водоотводящей сети

9.11.1. Трубы, применяемые для водоотводящей сети

В проекте для устройства внутриквартальных сетей применяются керамические трубы d=150 мм, для устройства уличной сети и коллекторов используются трубы d=200-500 мм. Участки водоотводящей сети диаметрами 600 и 800 мм проектируются из железобетонных труб по ГОСТ 6482–88.

9.11.2. Основание под трубы

Ввиду значительной глубины прокладки трубопроводов бытовой водоотводящей сети необходимо учитывать давление грунта и другие нагрузки. Поэтому для всех участков водоотводящей сети нужно выбрать основание под трубы. Выбор типа оснований под трубы производится по сериям: 3.008.1-7.0 «Подземные безнапорные трубопроводы из асбестоцементных, керамических, пластмассовых и чугунных труб»; 3.008.9-6/86 «Подземные безнапорные трубопроводы из железобетонных труб».

Выбор основания под трубы осуществляется с учетом вида грунта основания по заданию (супесь ГО-1), грунта засыпки (супесь ГЗ-3), глубины прокладки трубопровода до верха трубы и материала трубопровода. Основание под трубы указывается при построении продольных профилей.

9.11.3. Расчет и конструирование колодца на водоотводящей сети

Расчетным колодцем является соединительный колодец в 10-м узле (см. рис. 9.2 и табл. 9.6). Исходные данные: диаметр отводящего трубопровода $D_у$ = 800 мм; диаметры подводящих трубопроводов $D_{у1}$ = 600, $D_{у2}$ = 600 мм; отметка лотка трубы подводящих трубопроводов $Z_{л1}$ = 44,276, $Z_{л2}$ = 44,228 мм; отметка лотка отводящей трубы $Z_л$ = 44,076 м.

Колодец располагается вне проезжей части, отметка поверхности земли в месте расположения колодца $Z_{п.з.}$ = 50,50 м.

Расчет и конструирование колодца производятся в следующей последовательности [13]:

1. Определяем глубину колодца H по формуле

$$H = Z_{п.з} - Z_{л} = 50,50 - 44,076 = 6,424 \text{ м} = 6424 \text{ мм}.$$

Так как колодец находится вне проезжей части, то люк располагается на 50 мм выше поверхности земли. Общая глубина колодца составит:

$$H_1 = H + 50 = 6424 + 50 = 6474 \text{ мм}.$$

2. Принимаем диаметр колодца [1, п. 4.14] по наибольшему диаметру трубопровода (в нашем случае $D_к$ = 1500 мм). Ввиду того что глубина колодца составляет более 3 м по [1, п. 4.14, прим. 3], невозможно запроектировать колодец диаметром 1500 мм, поэтому принимаем $D_к$ = 2000 мм.

3. Принимаем плиту днища в зависимости от диаметра колодца, равного 2000 мм: марка конструкции ПН 20; наружный диаметр плиты – 2000 мм.

4. Принимаем глубину лотка колодца, в зависимости от диаметра отводящего трубопровода. $D_у$ = 800 мм, равной $h_л$ = 950 мм.

5. Принимаем высоту рабочей части $H_р$ = 2100 мм. Высотой рабочей части считается высота от верха лотка (с учетом одного растворного слоя) до плиты перекрытия. Рабочую часть набираем с помощью двух колец марки КС 20.6 (высота кольца – 590 мм) и одного кольца КС 20.9 (высота 890 мм).

6. Определяем высоту горловины. Расчет горловины ведется от плиты перекрытия (включительно) до верха люка:

$$h_г = H_1 - \left(H_р + h_л + h_{р.с}\right) = 6474 - \left(2 \cdot 590 + 890 + 950 + 4 \cdot 10\right) = 3414 \text{ мм},$$

где $h_{р.с}$ – общая высота растворного слоя между конструкциями, мм.

7. Производим набор элементов горловины. Горловина состоит из плиты перекрытия, размер которой определяем, учитывая размер колец рабочей части – 3ПП20 (высота плиты 160 мм); стеновых колец с внутренним диаметром 700 мм; опорного кольца К06 (высота кольца 70 мм); люка высотой 100 мм.

Размер колец горловины рабочей части вычисляется по формуле

$$h_г^{'} = h_г - \left(h_{2ПП20} + h_{К06} + h_{люка} + h_{р.с}\right),$$

$$h_г^{'} = 3414 - \left(160 + 70 + 100 + 2 \cdot 10\right) = 3064 \text{ мм}.$$

Принимаем 10 колец марки КС7.3. Размер каждого по высоте – 290 мм (с учетом растворного слоя 3×10 мм). Остается 64 мм. Недостающую высоту набираем с помощью одного ряда кирпичной кладки.

8. Производим конструирование колодца по высоте (табл. 9.7).

Полученное значение H=6485 мм, что больше H_1=6474 мм на 11 мм за счет одного ряда кирпичной кладки, то есть люк располагается на 61 мм выше поверхности земли, что соответствует рекомендациям [1, п. 4.21]. Так как к данному колодцу подключается коллектор второго района, то отметку подключения корректируем и получаем 44,228 м.

Таблица 9.7

Конструирование колодца по высоте

		Люк	100
H_1 = 6485 мм	$h_г$ = 3425 мм	Растворный слой	10
		Ряд кирпичной кладки	65
		Растворный слой	10
		Ряд кирпичной кладки	70
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое К7.3	290
		Растворный слой	10
		Плита перекрытия 3ПП20	160
	$H_р$ = 2100 мм	Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС20.6	590
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС20.6	590
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС20.9	890
	$h_л$ = 960	Растворный слой	10
		Лоток	950
		Итого	6485 мм

Графическое оформление данного колодца представлено на рис. 9.6.

План на отм. 45,500

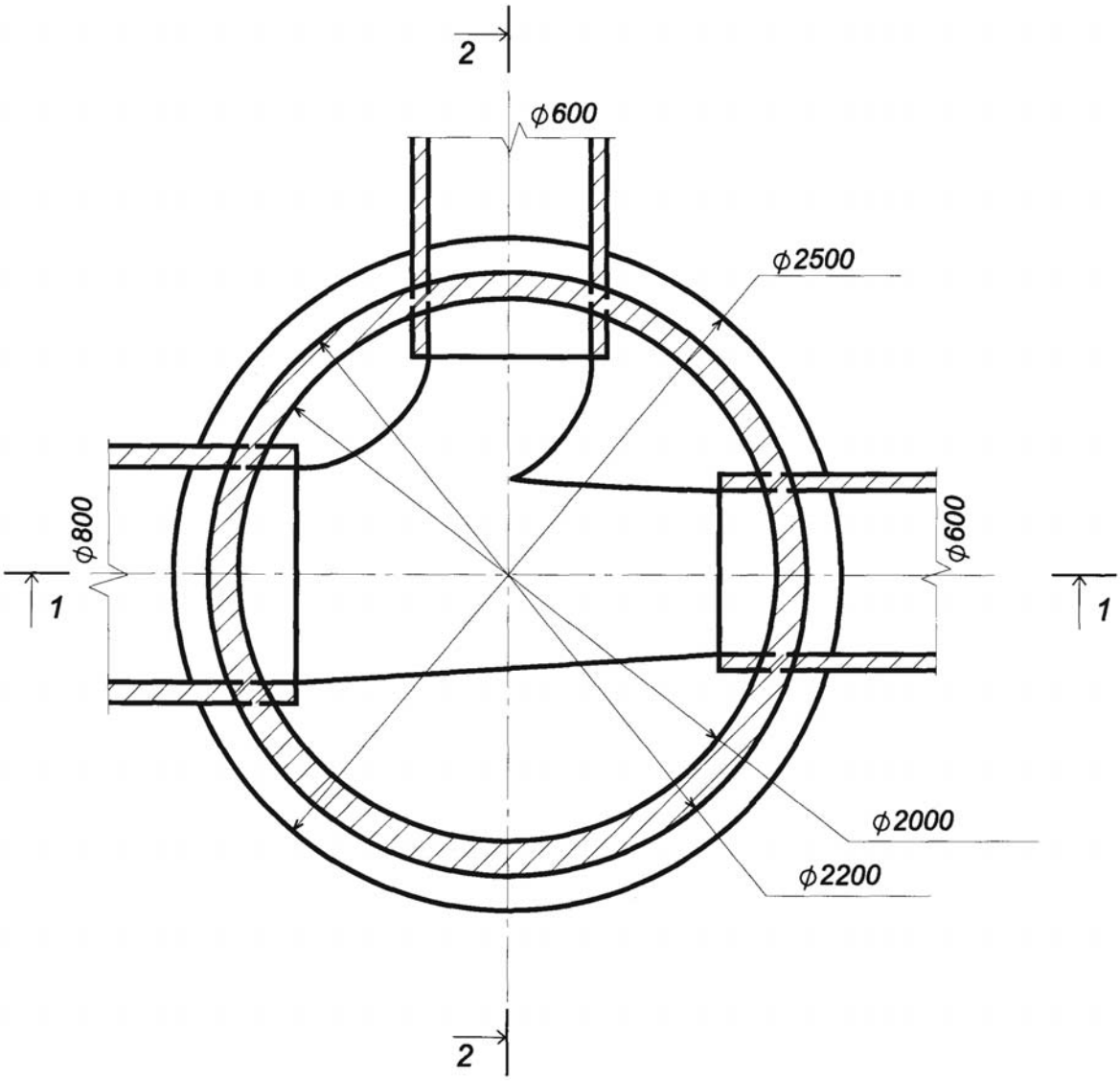

Рис. 9.6. Соединительный канализационный колодец в 10-м узле (начало)

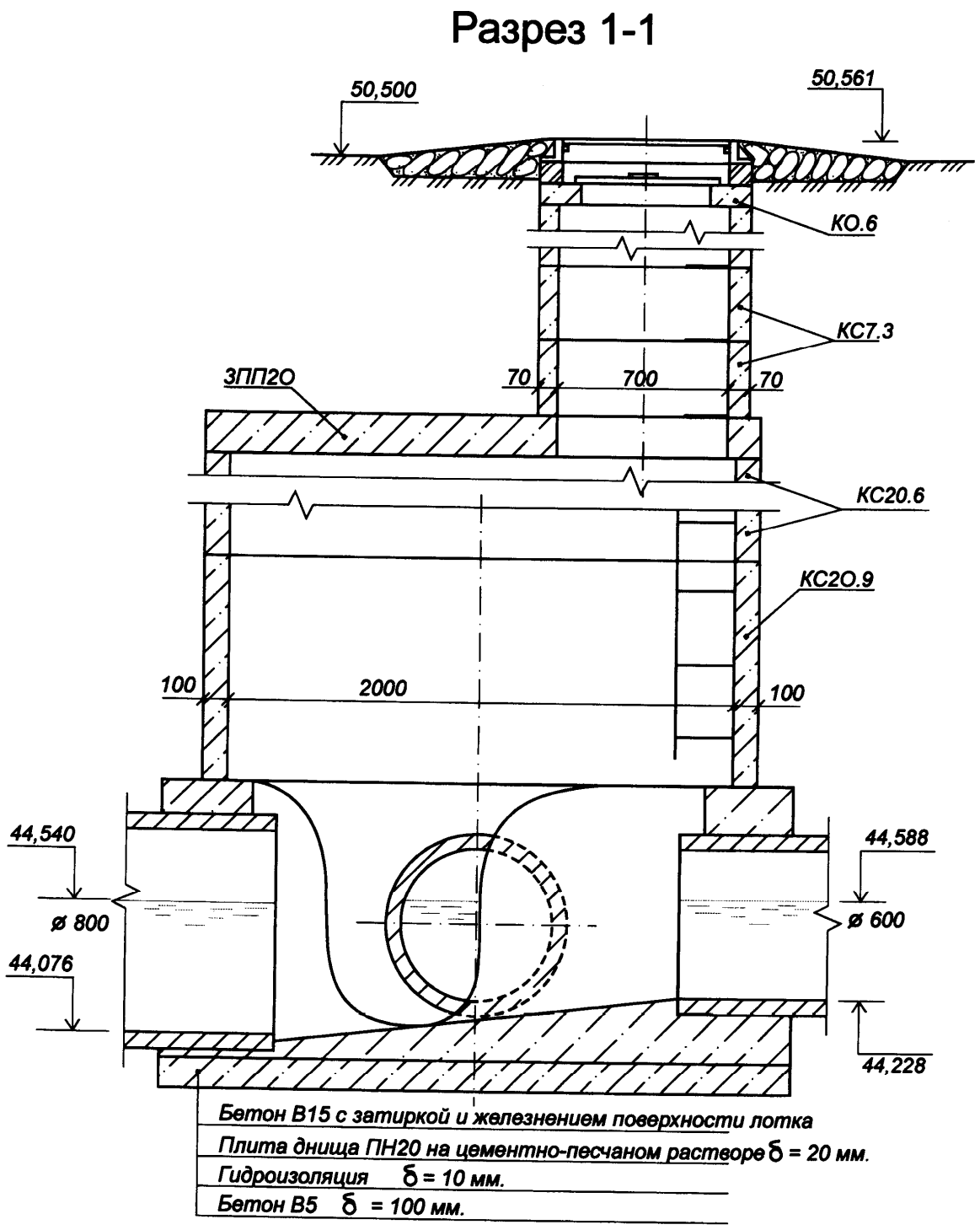

Рис. 9.6. Соединительный канализационный колодец в 10-м узле (продолжение)

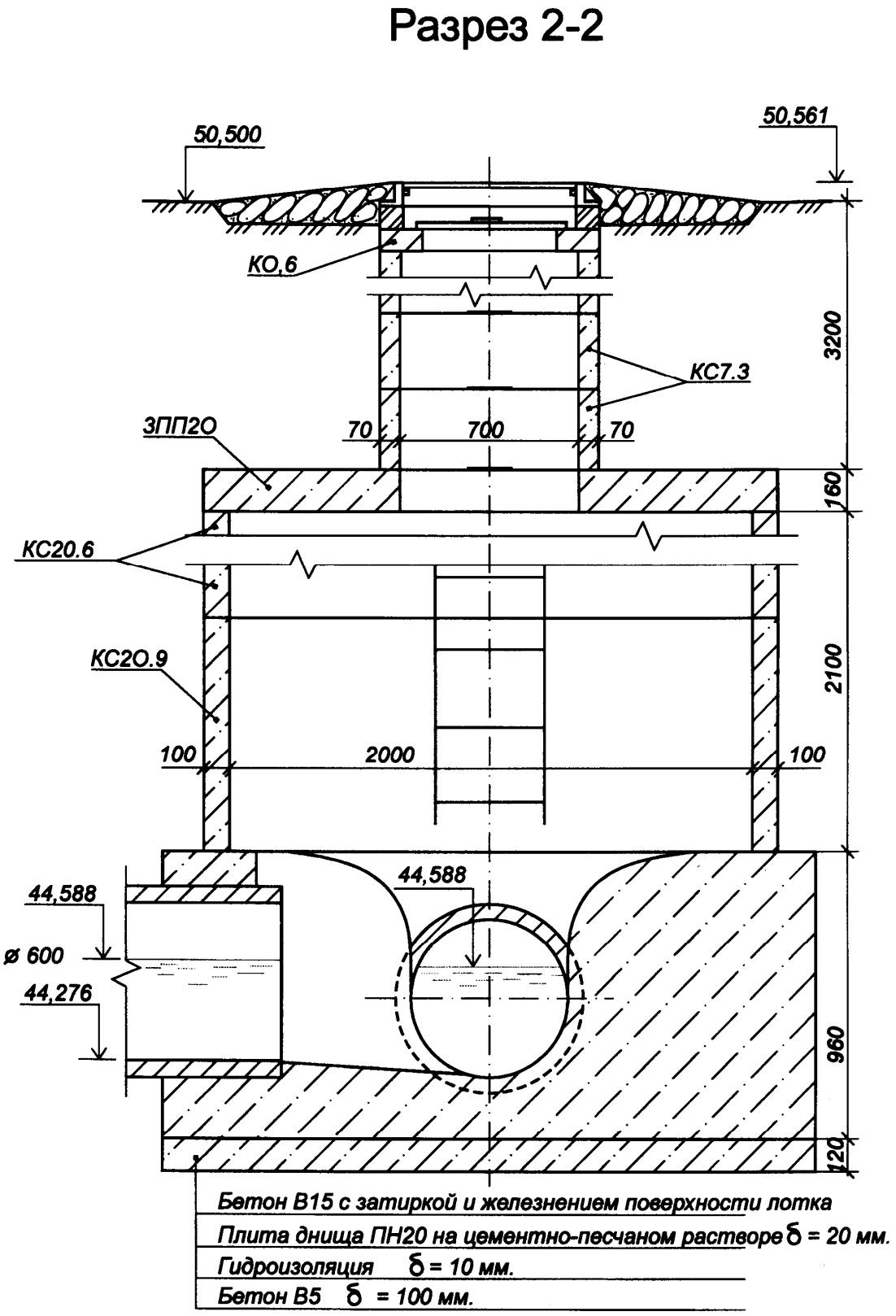

Рис. 9.6. Соединительный канализационный колодец в 10-м узле (окончание)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М.: Стройиздат, 1985.

2. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М.: Стройиздат, 1996.

3. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий [Текст]. – М.: Стройиздат, 1996.

4. СНиП 23-01-99. Строительная климатология и геофизика [Текст]. – М.: Стройиздат, 2000.

5. Калицун, В.И. Водоотводящие системы и сооружения [Текст]: учеб. для вузов / В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.

6. Лукиных, А.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского [Текст] / . А.А. Лукиных, Н.А. Лукиных. – М.: Стройиздат, 1987.

7. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных и пластмассовых водопроводных труб [Текст] / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1988.

8. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст]: учеб. для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.

9. Курганов, А.М. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения [Текст]: справочник / А.М. Курганов, Н.Ф. Федоров. – Л.: Стройиздат, 1986. – 440 с.

10. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения [Текст]: справочник / под ред. Б.Н. Репина. – М.: Высшая школа, 1995. – 431 с.

11. Калицун, В.И. Гидравлический расчет водоотводящих сетей [Текст]: справочное пособие / В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1988. – 72 с.

12. Алексеев, М.И. Городские инженерные сети и коллекторы [Текст]: учебник для вузов / М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 384 с.

13. Ишева, Н.И. Сооружения на водоотводящей сети [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Ишева, Л.А. Грунюшкина. – Пенза: ПГАСА, 1998. – 62 с.

14. Ишева, Н.И. Проектирование бытовой водоотводящей сети [Текст]: методические указания / Н.И. Ишева, М.Ф. Митин, Т.В. Малютина, А.М. Штанчикова. – Пенза: ПИСИ, 1991.

15. Перешивкин, А.К. Справочник строителя. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации [Текст] / А.К. Перешивкин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1988. – 653 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Удельное водоотведение бытовых сточных вод для районов жилой застройки

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное водоотведение на одного жителя (среднесуточное за год) $q_ж$, л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренними водопроводом и канализацией:	
– без ванн;	125 – 160
– с ваннами и местными водонагревателями;	160 – 230
– с системой централизованного горячего водоснабжения	230 – 350

Примечание. Для районов с более жарким климатом принимаются бóльшие значения $q_ж$.

Приложение 2

Общие коэффициенты неравномерности притока бытовых сточных вод от города

Общий коэффициент неравномерности	Значение коэффициентов при средних расходах сточных вод q, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
Максимальный $K_{gen.\max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Минимальный $K_{gen.\min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Приложение 3

Расчетное количество людей на 1 сетку душа в зависимости от категории производства

Группа предприятий	Цехи	Количество человек на одну душевую сетку
I.а	Швейные, приборостроительные и т.п.	Не предусматривается
I.б	Механосборочные, инструментальные, мебельные, деревообрабатывающие	15
II.а	Прядильные, ткацкие, текстильные, сушильные Нефтехимические, толеворубероидные, вискозные, хлорные, фенольные	7 3
II.б	Мартеновские, прокатные, термические, кузнечные, литейные, огнеупорные, обжигательные	3
II.в	Моечные, красильные	5
II.г	Хлопчатобумажные, стекольные, фосфоритные, пенькоджутовые, круподробильные, дробильные	5
IV.б	Пищевые, фармацевтические, станконаладочные, металлообработки	5
IV.в	Радиотехнические, радиоэлектронные	Не предусматривается

Приложение 4

Примерное распределение в процентах среднесуточного расхода бытовых сточных вод по часам суток

Часы суток	Максимальный общий коэффициент неравномерности водоотведения $K_{gen\ max}$															
	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,5	1,6	1,7	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95	2,0	2,5
0-1	2,6	2,25	2,0	1,9	1,85	1,65	1,5	1,55	1,25	1,25	1,25	1,2	1,2	1,0	0,75	0,5
1-2	2,6	2,25	2,0	1,9	1,85	1,65	1,5	1,55	1,25	1,25	1,25	1,2	1,2	1,0	0,75	0,5
2-3	2,6	2,25	2,0	1,9	1,85	1,65	1,5	1,55	1,25	1,25	1,25	1,2	1,2	1,0	1,0	2,2
3-4	2,6	2,25	2,0	1,9	1,85	1,65	1,5	1,55	1,25	1,25	1,25	1,2	1,2	1,0	1,0	3,3
4-5	2,6	2,25	2,0	1,9	1,85	1,65	2,5	1,55	1,25	1,25	1,25	1,2	1,2	1,1	3,0	3,5
5-6	4,8	4,9	5,05	4,9	4,8	4,2	3,5	4,35	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	2,9	3,5	3,5
6-7	4,8	4,9	5,15	5,1	5,0	5,8	4,5	5,95	5,2	5,0	5,0	5,0	4,8	5,6	5,0	4,5
7-8	4,8	5,0	5,15	5,1	5,0	5,8	5,5	5,8	7,0	7,0	7,2	7,4	7,4	5,0	5,0	8,8
8-9	4,8	5,0	5,2	5,45	5,65	5,85	6,25	6,7	7,1	7,2	7,5	7,6	7,95	8,0	3,5	8,8
9-10	4,8	5,0	5,2	5,45	5,65	5,85	6,25	6,7	7,1	7,3	7,5	7,7	7,95	8,1	3,5	6,0
10-11	4,8	5,0	5,2	5,45	5,65	5,85	6,25	6,7	7,1	7,2	7,5	7,6	7,95	7,5	6,0	3,5
11-12	4,8	4,9	5,1	5,2	5,25	5,05	6,25	4,8	6,5	6,5	6,4	6,5	6,3	7,5	8,0	3,5
12-13	4,7	4,7	5,0	4,85	5,0	4,2	5,0	3,95	3,8	4,3	3,8	5,0	3,6	5,8	8,5	3,0
13-14	4,8	5,0	5,1	5,2	5,25	5,8	5,0	5,55	3,8	4,3	3,8	5,0	3,6	5,0	6,0	3,0
14-15	4,8	5,0	5,2	5,45	5,65	5,8	5,5	6,05	4,2	4,5	4,0	3,5	3,8	4,7	5,0	4,2
15-16	4,8	5,0	5,2	5,45	5,65	5,8	6,0	6,05	5,8	4,7	5,7	3,7	5,6	5,0	5,0	6,2
16-17	4,8	5,0	5,2	5,45	5,65	5,8	6,0	5,6	6,4	6,4	6,3	6,3	6,2	6,1	6,0	10,4
17-18	4,7	5,0	5,15	5,15	4,85	5,75	5,5	5,6	6,4	6,4	6,3	6,3	6,2	6,5	3,5	9,4
18-19	4,8	5,0	5,1	5,0	4,85	5,2	5,0	4,3	6,4	6,15	6,3	6,2	6,2	3,5	6,0	7,2
19-20	4,8	5,0	5,1	5,0	4,85	4,75	4,5	4,35	5,3	5,2	5,25	5,2	5,25	4,8	6,0	2,5
20-21	4,8	5,0	5,1	5,0	4,85	4,1	4,0	4,35	3,4	3,5	3,2	3,3	3,4	4,5	6,0	2,5
21-22	4,8	4,7	3,8	3,5	3,45	2,85	3,0	2,35	2,25	2,2	2,2	2,0	2,2	1,8	3,0	2,0
22-23	3,0	2,4	2,0	1,9	1,85	1,65	2,0	1,55	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,3	2,0	0,5
23-24	2,6	2,25	2,0	1,9	1,85	16,5	1,5	1,55	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,3	2,0	0,5
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Приложение 5

Примерный график водоотведения производственных сточных вод

Часы суток	Расходы в % по видам производства													
	мебельная фабрика	типография	азотно-туковый завод	котельная на мазуте	медпрепаратов	тонкосуконная фабрика	текстильная фабрика	мясокомбинат	кожевенный завод	рыбопераб. завод	сахарный завод	завод КПД	суконная фабрика	свинокомплекс
	в зависимости от значения коэффициента неравномерности $K_{час}$													
	1,16	1,25	1,26	1,35	1,36	1,40	1,46	1,52	1,65	1,71	2,27	2,53	3,04	1,96
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0 – 1	4,83	3,1	2,92	3,76	4,63	2,90	3,40	3,32	4,62	2,42	2,01	9,5	2,46	2,10
1 – 2	4,83	2,7	3,49	5,59	5,29	2,90	4,25	4,87	4,12	2,42	1,43	3,8	1,90	2,40
2 – 3	4,02	2,3	3,98	4,87	5,14	3,01	4,48	3,84	4,12	2,20	0,90	3,3	1,90	2,45
3 – 4	4,02	2,5	4,39	2,49	4,26	2,90	4,33	3,01	3,45	1,78	0,90	3,3	2,97	2,40
4 – 5	4,00	3,3	3,55	3,66	3,97	3,90	4,25	4,14	5,21	2,42	3,42	3,3	1,90	2,50
5 – 6	2,95	3,3	3,56	5,63	4,41	3,72	3,09	4,02	3,70	2,42	3,72	3,4	1,90	2,50
6 – 7	3,63	3,3	4,77	4,89	3,75	5,06	3,32	2,99	3,19	3,72	6,97	2,6	12,14	2,35
7 – 8	4,33	4,9	4,55	2,50	3,23	5,27	5,02	4,62	2,94	5,32	3,42	6,8	4,53	3,20
8 – 9	4,38	5,0	3,91	3,66	3,23	5,85	4,64	3,42	2,69	7,13	4,28	2,3	2,70	6,10
9 – 10	4,38	5,2	3,48	5,63	5,67	5,85	4,33	5,61	4,29	7,13	5,16	4,0	2,87	7,55
10 – 11	4,38	4,8	3,84	4,87	4,63	5,65	5,26	4,92	3,19	7,13	5,16	10,5	2,70	7,35
11 – 12	4,38	4,9	4,98	2,49	4,11	5,27	4,64	4,29	3,02	7,13	9,48	2,6	4,01	6,70
12 – 13	4,38	4,7	4,62	3,66	4,63	5,65	6,10	3,68	4,03	7,13	8,69	2,7	2,94	5,10
13 – 14	4,15	4,8	4,34	5,63	5,00	5,27	4,48	6,32	3,44	5,34	6,97	3,0	2,46	6,75
14 – 15	3,94	4,5	3,84	4,87	4,26	3,72	3,86	3,28	5,04	4,68	5,16	3,4	12,57	7,25
15 – 16	3,94	4,6	4,87	2,49	1,69	3,90	2,16	3,73	4,37	4,03	5,16	5,4	4,67	8,20
16 – 17	3,94	4,4	4,62	3,66	2,57	3,90	6,03	3,52	2,69	3,62	4,28	4,0	2,69	6,50
17 – 18	3,94	4,9	3,82	5,63	3,88	3,90	3,17	4,11	6,89	2,93	2,72	2,8	2,70	3,90
18 – 19	3,94	4,8	4,45	4,87	3,88	3,90	3,32	6,08	5,38	2,62	2,72	3,3	2,70	2,50
19 – 20	3,94	4,3	3,98	2,50	5,14	3,90	5,64	3,13	3,28	2,70	4,28	3,3	4,01	2,60
20 – 21	3,94	4,6	4,27	3,68	4,78	4,06	4,48	2,87	4,13	4,03	4,15	3,2	3,28	2,50
21 – 22	4,60	4,2	4,84	5,63	5,10	3,72	3,01	6,34	5,29	4,30	4,28	2,3	12,68	2,35
22 – 23	4,83	4,2	5,26	4,51	3,67	2,90	5,02	4,19	6,55	3,70	2,72	6,5	2,34	2,40
23 – 24		4,7	3,63	2,83	3,08	2,90	1,72	3,70	4,37	3,70	2,02	4,7	4,98	2,35
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Приложение 6

Рекомендуемые значения минимально допустимых значений скоростей и максимально допустимых наполнений для бытовой водоотводящей сети

Диаметр, мм	Скорость v, м/с, при наполнении h / d			
	0,6	0,7	0,75	0,8
150-250	0,7	-	-	-
300-400	-	0,8	-	-
450-500	-	-	0,9	-
600-800	-	-	1,0	-
900	-	-	1,15	-
1000-1200	-	-	-	1,15
1500	-	-	-	1,3
Свыше 1500	-	-	-	1,5

Приложение 7

Выбор основания под трубы

7.1. Пределы применения керамических труб

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=150 мм																			
			Тип основания																			
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																			
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,00	4,75	4,25	5,00	4,75	4,25	3,50	7,00	6,75	6,50	7,00	6,75	6,50	6,50	5,00	4,75	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается
		$Г_3$-3	4,50	4,25	3,75	4,50	4,25	3,75	3,00	6,50	6,25	6,00	6,50	6,25	6,00	6,00	4,50	4,25				
		$Г_3$-4	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,25	2,50	6,00	5,75	5,50	6,00	5,75	5,50	5,50	4,00	3,75				
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,00	5,75	5,25	6,00	5,75	5,25	4,50	Не огр.	7,75	7,50	Не огр.	7,75	7,50	7,50	6,00	5,75				
		$Г_3$-3	5,50	5,25	4,75	5,50	5,25	4,75	4,00	7,50	7,25	7,00	7,50	7,25	7,00	7,00	5,50	5,25				
		$Г_3$-4	5,00	4,75	4,25	5,00	4,75	4,25	3,50	7,00	6,75	6,50	7,00	6,75	6,50	6,50	5,00	4,75				
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,00	5,75	5,25	6,00	5,75	5,25	4,50	Не огр.	7,75	7,50	Не огр.	7,75	7,50	7,50	6,00	5,75	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется
		$Г_3$-3	5,50	5,25	4,75	5,50	5,25	4,75	4,00	7,50	7,25	7,00	7,50	7,25	7,00	7,00	5,50	5,25				
		$Г_3$-4	5,00	4,75	4,25	5,00	4,75	4,25	3,50	7,00	6,75	6,50	7,00	6,75	6,50	6,50	5,00	4,75				
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	7,00	6,75	6,25	7,00	6,75	6,25	5,50	Не ограничивается							7,00	6,75				
		$Г_3$-3	6,50	6,25	5,75	6,50	6,25	5,75	5,00	Не ограничивается							6,50	6,25				
		$Г_3$-4	6,00	5,75	5,25	6,00	5,75	5,25	4,50	Не огр.	7,75	7,50	Не огр.	7,75	7,50	7,50	6,00	5,75				

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при D_y=200 мм																			
			Тип основания																			
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																			
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,25	3,00	2,50	3,25	3,00	2,50	1,25	5,25	5,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	3,25	3,00	7,25	7,00	6,75	6,50
		$Г_3$-3	2,75	2,50	2,00	2,75	2,50	2,00	-	4,75	4,50	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	2,75	2,50	6,75	6,50	6,25	6,00
		$Г_3$-4	2,25	2,00	1,50	2,25	2,00	1,50	-	4,25	4,00	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	2,25	2,00	6,25	6,00	5,75	5,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,25	4,00	3,50	4,25	4,00	3,50	2,25	6,25	6,00	6,00	6,25	6,00	6,00	6,00	4,25	4,00	Не огран.		7,75	7,50
		$Г_3$-3	3,75	3,50	3,00	3,75	3,50	3,00	1,75	5,75	5,50	5,50	5,75	5,50	5,50	5,50	3,75	3,50	3,75	7,50	7,25	7,00
		$Г_3$-4	3,25	3,00	2,50	3,25	3,00	2,50	1,25	5,25	5,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	3,25	3,00	7,25	7,00	6,75	6,50
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,25	4,00	3,50	4,25	4,00	3,50	2,25	6,25	6,00	6,00	6,25	6,00	6,00	6,00	4,25	4,00	Не огран.		7,75	7,50
		$Г_3$-3	3,75	3,50	3,00	3,75	3,50	3,00	1,75	5,75	5,50	5,50	5,75	5,50	5,50	5,50	3,75	3,50	3,75	7,50	7,25	7,00
		$Г_3$-4	3,25	3,00	2,50	3,25	3,00	2,50	1,25	5,25	5,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	3,25	3,00	7,25	7,00	6,75	6,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,25	5,00	4,50	5,25	5,00	4,50	3,25	7,25	7,00	7,00	7,25	7,00	7,00	7,00	5,25	5,00	Не ограничивается			
		$Г_3$-3	4,75	4,50	4,00	4,75	4,50	4,00	2,75	6,75	6,50	6,50	6,75	6,50	6,50	6,50	4,75	4,50	Не ограничивается			
		$Г_3$-4	4,25	4,00	3,50	4,25	4,00	3,50	2,25	6,25	6,00	6,00	6,25	6,00	6,00	6,00	4,25	4,00	Не огран.		7,75	7,50

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=250мм																			
			Тип основания																			
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																			
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,75	1,50	1,00	1,75	1,50	1,00	-	3,75	3,50	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	1,75	1,50	5,75	5,50	5,25	4,75
		$Г_3$-3	1,25	1,00	-	1,25	1,00	-	-	3,25	3,00	3,00	3,25	3,00	3,00	3,00	1,25	1,00	5,25	5,00	4,75	4,25
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	2,75	2,50	2,50	2,75	2,50	2,50	2,50	-	-	4,75	4,50	4,25	3,75
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,75	2,50	2,00	2,75	2,50	2,00	-	4,75	4,50	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	2,75	2,50	6,75	6,50	6,25	5,75
		$Г_3$-3	2,25	2,00	1,50	2,75	2,00	1,50	-	4,25	4,00	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	2,25	2,00	6,25	6,00	5,75	5,25
		$Г_3$-4	1,75	1,50	1,00	1,25	1,50	1,00	-	3,75	3,50	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	1,75	1,50	5,75	5,50	5,25	4,75
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,75	2,50	2,00	2,5	2,50	2,00	-	4,75	4,50	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	2,75	2,50	6,75	6,50	6,25	5,75
		$Г_3$-3	2,25	2,00	1,50	2,25	2,00	1,50	-	4,25	4,00	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	2,25	2,00	6,25	6,00	5,75	5,25
		$Г_3$-4	1,75	1,50	1,00	1,75	1,50	1,00	-	3,75	3,50	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	1,75	1,50	5,75	5,50	5,25	4,75
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,75	3,50	3,00	3,75	3,50	3,00	1,75	5,75	5,50	5,50	5,75	5,50	5,50	5,50	3,75	3,50	7,75	7,50	7,25	6,75
		$Г_3$-3	3,25	3,00	2,50	3,25	3,00	2,50	1,25	5,25	5,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	3,25	3,00	7,25	7,00	6,75	6,25
		$Г_3$-4	2,75	2,50	2,00	2,75	2,50	2,00	-	4,75	4,50	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	2,75	2,50	6,75	6,50	6,25	5,75

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=300 мм																									
			Тип основания																									
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Железобетонное спрофилированное с охватом труб на 90°				Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																									
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,75	1,50	1,00	1,75	1,50	1,00	-	3,75	3,50	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	1,75	1,50	3,75	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	5,75	5,50	5,25	4,75
		$Г_3$-3	1,25	1,00	-	1,25	1,00	-	-	3,25	3,00	3,00	3,25	3,00	3,00	3,00	1,25	1,00	3,25	3,00	3,25	3,00	3,00	3,00	5,25	5,00	4,75	4,25
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	2,75	2,50	2,50	2,75	2,50	2,50	2,50	-	-	2,75	2,50	2,75	2,50	2,50	2,50	4,75	4,50	4,25	3,75
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,75	2,50	2,00	2,75	2,50	2,00	-	4,75	4,50	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	2,75	2,50	4,75	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	6,75	6,50	6,25	5,75
		$Г_3$-3	2,25	2,00	1,50	2,25	2,00	1,50	-	4,25	4,00	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	2,25	2,00	4,25	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	6,25	6,00	5,75	5,65
		$Г_3$-4	1,75	1,50	1,00	1,75	1,50	1,00	-	3,75	3,50	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	1,75	1,50	3,75	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	5,75	5,50	5,25	4,75
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,75	2,50	2,00	2,75	2,50	2,00	-	4,75	4,50	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	2,75	2,50	4,75	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	6,75	6,50	6,25	5,75
		$Г_3$-3	2,25	2,00	1,50	2,25	2,00	1,50	-	4,25	4,00	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	2,25	2,00	4,25	4,00	4,25	4,00	4,00	4,00	6,25	6,00	5,75	5,25
		$Г_3$-4	1,75	1,50	1,00	1,75	1,50	1,00	-	3,75	3,50	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	1,75	1,50	3,75	3,50	3,75	3,50	3,50	3,50	5,75	5,50	5,25	4,75
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,75	3,50	3,00	3,75	3,50	3,00	1,75	5,75	5,50	5,50	5,75	5,50	5,50	5,50	3,75	3,50	5,75	5,50	5,75	5,50	5,50	5,50	7,75	7,50	7,25	6,75
		$Г_3$-3	3,25	3,00	2,50	3,25	3,00	2,50	1,25	5,25	5,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	3,25	3,00	5,25	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	7,25	7,00	6,75	6,25
		$Г_3$-4	2,75	2,50	2,00	2,75	2,50	2,00	-	4,75	4,50	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	2,75	2,50	4,75	4,50	4,75	4,50	4,50	4,50	6,75	6,50	6,25	5,75

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=350 мм																									
			Тип основания																									
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Железобетонное спрофилированное с охватом труб на 90°				Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																									
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,00	-	-	1,00	-	-	-	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	1,00	-	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	5,00	4,75	4,50	4,00
		$Г_3$-3	-	-	-	-	-	-	-	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	-	-	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	4,50	4,25	4,00	3,50
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	-	-	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	4,00	3,75	3,50	3,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,00	1,75	1,25	2,00	1,75	1,25	-	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	2,00	1,75	4,00	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	6,00	5,75	5,50	5,00
		$Г_3$-3	1,50	1,25	-	1,50	1,25	-	-	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	1,50	1,25	3,50	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	5,50	5,25	5,00	4,50
		$Г_3$-4	1,00	-	-	1,00	-	-	-	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	1,00	-	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	5,00	4,75	4,50	4,00
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,50	2,25	1,75	2,50	2,25	1,75	-	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	2,50	2,25	4,50	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	6,50	6,25	6,00	5,50
		$Г_3$-3	2,00	1,75	1,25	2,00	1,75	1,25	-	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	2,00	1,75	4,00	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	6,00	5,75	5,50	5,00
		$Г_3$-4	1,50	1,25	-	1,50	1,25	-	-	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	1,50	1,25	3,50	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	5,50	5,25	5,00	4,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,50	3,25	2,75	3,50	3,25	2,75	1,50	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	3,50	3,25	5,50	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	7,50	7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-3	3,00	2,75	2,25	3,00	2,75	2,25	1,00	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	3,00	2,75	5,00	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	7,00	6,75	6,50	6,00
		$Г_3$-4	2,50	2,25	1,75	2,50	2,25	1,75	-	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	2,50	2,25	4,50	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	6,50	6,25	6,00	5,50

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при D_y=400 мм																									
			Тип основания																									
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Железобетонное спрофилированное с охватом труб на 90°				Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																									
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	-	-	-	-	-	-	-	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	-	-	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	4,00	3,75	3,50	3,00
		$Г_3$-3	-	-	-	-	-	-	-	1,50	1,25	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	-	-	1,50	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	3,50	3,25	3,00	2,50
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	-	1,00	-	1,00	-	-	-	3,00	2,75	2,50	2,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,00	-	-	1,00	-	-	-	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	1,00	-	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	5,00	4,75	4,50	4,00
		$Г_3$-3	-	-	-	-	-	-	-	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	-	-	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	4,50	4,25	4,00	3,50
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	-	-	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	4,00	3,75	3,50	3,00
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,50	1,25	-	1,50	1,25	-	-	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	1,50	1,25	3,50	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	5,50	5,25	5,00	4,50
		$Г_3$-3	1,00	-	-	1,00	-	-	-	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	1,00	-	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	5,00	4,75	4,50	4,00
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	-	-	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	4,50	4,25	4,00	3,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,50	2,25	1,75	2,50	2,25	1,75	-	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	2,50	2,25	4,50	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	6,50	6,25	6,00	5,50
		$Г_3$-3	2,00	1,75	1,25	2,00	1,75	1,25	-	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	2,00	1,75	4,00	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	6,00	5,75	5,50	5,00
		$Г_3$-4	1,50	1,25	-	1,50	1,25	-	-	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	1,50	1,25	3,50	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	5,50	5,25	5,00	4,50

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при D_y=450 и 500 мм																
			Тип основания																
			Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Железобетонное спрофилированное с охватом труб на 90°				Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,50	1,25	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	1,50	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	3,25	3,00	2,75	2,25
		$Г_3$-3	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	1,00	-	-	-	2,75	2,50	2,25	1,75
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,25	2,00	1,75	1,25
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	4,25	4,00	3,75	3,25
		$Г_3$-3	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	3,75	3,50	3,25	2,75
		$Г_3$-4	1,50	1,25	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	1,50	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	3,25	3,00	2,75	2,25
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	4,75	4,50	4,25	3,75
		$Г_3$-3	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	4,25	4,00	3,75	3,25
		$Г_3$-4	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	3,75	3,50	3,25	2,75
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	4,00	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	5,75	5,50	5,25	4,75
		$Г_3$-3	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	3,50	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	5,25	5,00	4,75	4,25
		$Г_3$-4	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	4,75	4,50	4,25	3,75

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при D_y=550 мм																
			Тип основания																
			Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Железобетонное спрофилированное с охватом труб на 90°				Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	1,00	-	-	-	2,75	2,50	2,25	1,75
		$Г_3$-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,25	2,00	1,75	1,25
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75	1,50	1,25	-
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	3,75	3,50	3,25	2,75
		$Г_3$-3	1,50	1,25	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	1,50	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	3,25	3,00	2,75	2,25
		$Г_3$-4	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	1,00	-	-	-	2,75	2,50	2,25	1,75
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	3,75	3,50	3,25	2,75
		$Г_3$-3	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	1,00	-	-	-	2,75	2,50	2,25	1,75
		$Г_3$-4	1,50	1,25	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	1,50	1,25	1,50	1,25	1,25	1,25	3,25	3,00	2,75	2,25
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	4,75	4,50	4,25	3,75
		$Г_3$-3	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	4,25	4,00	3,75	3,25
		$Г_3$-4	2,00	1,75	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	2,00	1,75	2,00	1,75	1,75	1,75	3,75	3,50	3,25	2,75

Категория труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при D_y=600 мм																
			Тип основания																
			Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Бетонное спрофили-рованное с охватом труб на 90°		Железобетонное спрофилированное с охватом труб на 90°				Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
Обычная	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,50	2,25	2,00	1,50
		$Г_3$-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	1,75	1,50	1,00
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	1,25	1,00	-
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,75	1,50	1,50	1,75	1,50	1,50	1,50		1,50		1,50	1,50	1,50	3,50	3,25	3,00	2,50
		$Г_3$-3	1,75	1,00	1,00	1,75	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00	1,00	3,00	2,75	2,50	2,00
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-		-		-	-	-	2,50	2,25	2,00	1,50
Высшая	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	1,75	1,50	1,50	1,75	1,50	1,50	1,50		1,50		1,50	1,50	1,50	3,50	3,25	3,00	2,50
		$Г_3$-3	1,25	1,00	1,00	1,25	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00	1,00	1,00	3,00	2,75	2,50	2,00
		$Г_3$-4	-	-	-	-	-	-	-		-		-	-	-	2,50	2,25	2,00	1,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,75	2,50	2,50	2,75	2,50	2,50	2,50		2,50		2,50	2,50	2,50	4,50	4,25	4,00	3,50
		$Г_3$-3	2,25	2,00	2,00	2,25	2,00	2,00	2,00		2,00		2,00	2,00	2,00	4,00	3,75	3,50	3,00
		$Г_3$-4	1,75	1,50	1,50	1,75	1,50	1,50	1,50		1,50		1,50	1,50	1,50	3,35	3,25	3,00	2,50

7.2. Пределы применения чугунных труб

Класс труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=300 мм										
			Тип основания										
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90^0	Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120^0
			Группа грунтов основания										
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1; $Г_0$-2	$Г_0$-1; $Г_0$-2; $Г_0$-3; $Г_0$-4
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	7,00	7,00	6,75	7,00	7,00	6,75	5,50	7,00	7,00	Не ограничивается	
		$Г_3$-3	6,50	6,50	6,25	6,50	6,50	6,25	5,00	6,50	6,50		
		$Г_3$-4	6,00	6,00	5,75	6,00	6,00	5,75	4,50	6,00	6,00		
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	Не ограничив		7,75	Не ограничив		7,75	6,50	Не ограничив			
		$Г_3$-3	7,50	7,50	7,25	7,50	7,50	7,25	6,00	7,50	7,50		
		$Г_3$-4	7,00	7,00	6,75	7,00	7,00	6,25	5,50	7,00	7,00		
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	6,75	Не ограничивается	Не ограничивается	Не применяется	
		$Г_3$-3							6,25				
		$Г_3$-4							5,75				
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2							7,75				
		$Г_3$-3							7,25				
		$Г_3$-4							6,75				
Б	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не ограничивается	Не применяется	
		$Г_3$-3											
		$Г_3$-4											
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2											
		$Г_3$-3											
		$Г_3$-4											

Примечания:

1. Для чугунных труб диаметром 100-250 мм высота засыпки над верхом трубы не ограничивается.
2. Чугунные трубы применяются, если не подходят основания для керамических труб, а также на сложных участках сети (пересечение дорог, коммуникации и т.п.).

Класс труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=350 и 400 мм											
			Тип основания											
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°
			Группа грунтов основания											
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1; $Г_0$-2; $Г_0$-3; $Г_0$-4
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00	4,50	3,25	5,00	5,00	7,00	7,00	Не применяется
		$Г_3$-3	4,50	4,50	4,00	4,50	4,50	4,00	2,75	4,50	4,50	6,50	6,50	
		$Г_3$-4	4,00	4,00	3,50	4,00	4,00	3,50	2,25	4,00	4,00	6,00	6,00	
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	5,50	4,25	6,00	6,00	Не применяется		
		$Г_3$-3	5,50	5,50	5,00	5,50	5,50	5,00	3,75	5,50	5,50	7,50	7,50	
		$Г_3$-4	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00	4,50	3,25	5,00	5,00	7,00	7,00	
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,25	6,25	5,75	6,25	6,25	5,75	4,50	6,25	6,25	Не применяется	Не применяется	Не применяется
		$Г_3$-3	5,75	5,75	5,25	5,75	5,75	5,25	4,00	5,75	5,75			
		$Г_3$-4	5,25	5,25	4,75	5,25	5,25	4,75	3,50	5,25	5,25			
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	7,25	7,25	6,75	7,25	7,25	6,75	5,50	7,25	7,25			
		$Г_3$-3	6,75	6,75	6,25	6,75	6,75	6,25	5,00	6,75	6,75			
		$Г_3$-4	6,25	6,25	5,75	6,25	6,25	5,75	4,50	6,25	6,25			
Б	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	Не ограничивает	Не ограничивает	7,00	Не ограничивает	Не ограничивает	7,00	5,75	Не ограничивает	Не ограничивает			Не применяется
		$Г_3$-3			6,50			6,50	5,25					
		$Г_3$-4			6,00			6,00	4,75					
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2			Не огр.			Не огр.	6,75					
		$Г_3$-3			7,50			7,50	6,25					
		$Г_3$-4			7,00			7,00	5,75					

Класс труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=500 мм																					
			Тип основания																					
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Бетонное спрофилированное и железобетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																					
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
ЛА	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,00	3,50	3,00	4,00	3,50	3,00	1,75	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	4,00	3,50	6,00	5,75	Не огр.	Не огр.	7,50	7,00
		$Г_3$-3	3,50	3,00	2,50	3,50	3,00	2,50	1,25	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	3,50	3,00	5,50	5,25		7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-4	3,00	2,50	2,00	3,00	2,50	2,00	-	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	3,00	2,50	5,00	4,75	7,00	6,75	6,50	6,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,00	4,50	4,00	5,00	4,50	4,00	2,75	7,00	6,75	6,75	7,00	6,75	6,75	6,75	5,00	4,50	7,00	6,75	Не ограничивает	Не огр.	Не огр.	Не огр.
		$Г_3$-3	4,50	4,00	3,50	4,50	4,00	3,50	2,25	6,50	6,25	6,25	6,50	6,25	6,25	6,25	4,50	4,00	6,50	6,25				7,50
		$Г_3$-4	4,00	3,50	3,00	4,00	3,50	3,00	1,75	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	4,00	3,50	6,00	5,75		7,75	7,50	7,00
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,00	4,50	4,00	5,00	4,50	4,00	2,75	7,00	6,75	6,75	7,00	6,75	6,75	6,75	5,00	4,50	7,00	6,75		Не огр.	Не ограничивает	Не огр.
		$Г_3$-3	4,50	4,00	3,50	4,50	4,00	3,50	2,25	6,50	6,25	6,25	6,50	6,25	6,25	6,25	4,50	4,00	6,50	6,25				7,75
		$Г_3$-4	4,00	3,50	3,00	4,00	3,50	3,00	1,75	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	4,00	3,50	6,00	5,75		7,75		7,25
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,00	5,50	5,00	6,00	5,50	5,00	3,75	Не огр.	7,75	7,75	Не огр.	7,75	7,75	7,75	6,00	5,50	Не огр.	7,75		Не огр.		Не огр.
		$Г_3$-3	5,50	5,00	4,50	5,50	5,00	4,50	3,25	7,50	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,25	5,50	5,00	7,50	7,25				
		$Г_3$-4	5,00	4,50	4,00	5,00	4,50	4,00	2,75	7,00	6,75	6,75	7,00	6,75	6,75	6,75	5,00	4,50	7,00	6,75				
Б	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,00	5,50	5,00	6,00	5,50	5,00	3,75	Не огр.	7,75	7,75	Не огр.	7,75	7,75	7,75	6,00	5,50	Не огр.	7,75	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется
		$Г_3$-3	5,50	5,00	4,50	5,50	5,00	4,50	3,25	7,50	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,25	5,50	5,00	7,50	7,25				
		$Г_3$-4	5,00	4,50	4,00	5,00	4,50	4,00	2,75	7,00	6,75	6,75	7,00	6,75	6,75	6,75	5,00	4,50	7,00	6,75				
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	7,00	6,50	6,00	7,00	6,50	6,00	4,75	Не ограничивает							7,00	6,50	Не огр.					
		$Г_3$-3	6,50	6,00	5,50	6,50	6,00	5,50	4,25	Не ограничивает							6,50	6,00	Не огр.					
		$Г_3$-4	6,00	5,50	5,00	6,00	5,50	5,00	3,75	Не огр.	7,75	7,75	Не огр.	7,75	7,75	7,75	6,00	5,50	Не огр.	7,75				

Класс труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при $D_у$=600 мм																					
			Тип основания																					
			Грунтовое плоское			Грунтовое плоское с подготовкой из песчаного грунта				Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Гравийно-щебеночная подготовка		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания																					
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
ЛА	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	2,50	2,00	1,50	2,50	2,00	1,50	-	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	2,50	2,00	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
		$Г_3$-3	2,00	1,50	1,00	2,00	1,50	1,00	-	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	2,00	1,50	4,00	3,75	6,50	6,25	6,00	5,50
		$Г_3$-4	1,50	1,00	-	1,50	1,00	-	-	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	1,50	1,00	3,50	3,25	6,00	5,75	5,50	5,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,50	3,00	2,50	3,50	3,00	2,50	1,25	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	3,50	3,00	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00
		$Г_3$-3	3,00	2,50	2,00	3,00	2,50	2,00	-	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	3,00	2,50	5,00	4,75	7,50	7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-4	2,50	2,00	1,50	2,50	2,00	1,50	-	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	2,50	2,00	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,50	3,00	2,50	3,50	3,00	2,50	1,25	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	3,50	3,00	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00
		$Г_3$-3	3,00	2,50	2,00	3,00	2,50	2,00	-	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	3,00	2,50	5,00	4,75	7,50	7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-4	2,50	2,00	1,50	2,50	2,00	1,50	-	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	2,50	2,00	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,50	4,00	3,50	4,50	4,00	3,50	2,25	6,50	6,25	6,25	6,50	6,25	6,25	6,25	4,50	4,00	6,50	6,25	Не ограничивается			
		$Г_3$-3	4,00	3,50	3,00	4,00	3,50	3,00	1,75	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	4,00	3,50	6,00	5,75	Не ограничивается			7,50
		$Г_3$-4	3,50	3,00	2,50	3,50	3,00	2,50	1,25	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	3,50	3,00	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00
Б	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,50	4,00	3,50	4,50	4,00	3,50	2,25	6,50	6,25	6,25	6,50	6,25	6,25	6,25	4,50	4,00	6,50	6,25	Не ограничивается			
		$Г_3$-3	4,00	3,50	3,00	4,00	3,50	3,00	1,75	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	4,00	3,50	6,00	5,75	Не ограничивается			7,50
		$Г_3$-4	3,50	3,00	2,50	3,50	3,00	2,50	1,25	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	3,50	3,00	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,50	5,00	4,50	5,50	5,00	4,50	3,25	7,50	7,25	7,25	7,50	7,25	7,25	7,25	5,50	5,00	7,50	7,25	Не ограничивается			
		$Г_3$-3	5,00	4,50	4,00	5,00	4,50	4,00	2,75	7,00	6,75	6,75	7,00	6,75	6,75	6,75	5,00	4,50	7,00	6,75				
		$Г_3$-4	4,50	4,00	3,50	4,50	4,00	3,50	2,25	6,50	6,25	6,25	6,50	6,25	6,25	6,25	4,50	4,00	6,50	6,25				

Класс труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при D_y=700 мм												
			Тип основания												
			Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания												
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
ЛА	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	4,00	3,75	6,50	6,25	6,00	5,50
		$Г_3$-3	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	3,50	3,25	6,00	5,75	5,50	5,00
		$Г_3$-4	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	3,00	2,75	5,50	5,25	5,00	4,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	5,00	4,75	7,50	7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-3	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
		$Г_3$-4	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	4,00	3,75	6,50	6,25	6,00	5,50
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	5,00	4,75	7,50	7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-3	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
		$Г_3$-4	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	4,00	3,75	6,50	6,25	6,00	5,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	6,00	5,75	Не ограничиваются			7,50
		$Г_3$-3	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00
		$Г_3$-4	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	5,00	4,75	7,50	7,25	7,00	6,50
Б	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	6,00	5,75	Не ограничивают	Не огр.		7,50
		$Г_3$-3	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	5,50	5,25		7,75	7,50	7,00
		$Г_3$-4	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	5,00	4,75		7,25	7,00	6,50
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	7,00	6,75	6,75	7,00	6,75	6,75	6,75	7,00	6,75		Не ограничиваются		
		$Г_3$-3	6,50	6,25	6,25	6,50	6,25	6,25	6,25	6,50	6,25				
		$Г_3$-4	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	6,00	5,75		Не огр.		7,50

Класс труб	Степень уплотнения грунтовой засыпки	Группа грунтов засыпки	Допускаемая высота засыпки над верхом труб, м, при D_y=800 мм												
			Тип основания												
			Грунтовое спрофилированное			Грунтовое спрофилированное с подготовкой из песчаного грунта				Бетонное спрофилированное с охватом труб на 90°		Бетонное спрофилированное с охватом труб на 120°			
			Группа грунтов основания												
			$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-1	$Г_0$-2	$Г_0$-3	$Г_0$-4
ЛА	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	3,50	3,25	6,00	5,75	5,50	5,00
		$Г_3$-3	3,00	2,75	2,75	3,00	2,75	2,75	2,75	3,00	2,75	5,50	5,25	5,00	4,50
		$Г_3$-4	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,25	2,25	2,50	2,25	5,00	4,75	4,50	4,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
		$Г_3$-3	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	4,00	3,75	6,50	6,25	6,00	5,50
		$Г_3$-4	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	3,50	3,25	6,00	5,75	5,50	5,00
А	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
		$Г_3$-3	4,00	3,75	3,75	4,00	3,75	3,75	3,75	4,00	3,75	6,50	6,25	6,00	5,50
		$Г_3$-4	3,50	3,25	3,25	3,50	3,25	3,25	3,25	3,50	3,25	6,00	5,75	5,50	5,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00
		$Г_3$-3	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	5,00	4,75	7,50	7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-4	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
Б	Нормальная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00
		$Г_3$-3	5,00	4,75	4,75	5,00	4,75	4,75	4,75	5,00	4,75	7,50	7,25	7,00	6,50
		$Г_3$-4	4,50	4,25	4,25	4,50	4,25	4,25	4,25	4,50	4,25	7,00	6,75	6,50	6,00
	Повышенная	$Г_3$-1; $Г_3$-2	6,50	6,25	6,25	6,50	6,25	6,25	6,25	6,50	6,25	Не ограничивается			
		$Г_3$-3	6,00	5,75	5,75	6,00	5,75	5,75	5,75	6,00	5,75	Не ограничивается			7,50
		$Г_3$-4	5,50	5,25	5,25	5,50	5,25	5,25	5,25	5,50	5,25	Не огр.	7,75	7,50	7,00

Приложение 8

Характеристика типовых проектов канализационных насосных станций

Перечень действующих типовых проектов канализационных насосных станций

Номера типовых проектов	Насосная станция		Глубина подводящего коллектора, м (числитель)	Марка насосных агрегатов	Общее количество насосов, шт.	Тип решеток (числитель)	Сметная стоимость в ценах 1984 г., тыс. руб. (в сухих грунтах)	Форма и размеры насосной станции в плане, м.	
	производительность, $м^3/ч$	напор, м	Вариант строительства (знаменатель)			Их количество, шт. (знаменатель)		подземной части	надземной части
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-1-129.88**	16-20	6-8	3	ЭЦК 16/6	2	Решетка-контейнер	4.92	Круглая Д=1.42	-
			Компл. блоч. малогабаритный			1			
902-1-131.88*			3;4;5	ЦМК 16-27		Решетка-контейнер	5.74		
			Компл. блоч. малогабаритный			1			
902-1-132.88**	5-25	5-32	3-5			Контейнер решетч.	5.21	Круглая Д=1.5	
			Компл. блоч. малогабаритный			1			
902-1-133.88**			3;4;5			Контейнер решетч.			
			Сбор. ж/б			1			
902-1-136.88**	3-150	8-60	4		3	Решетка-заслонка	28.87	Круглая Д=6.3	
			Сбор.монолит			1			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-1-137.88**	3-150	8-60	5.5	СМ 100-65-200/4 СМ 100-65-250/4	3	Решетка-заслонка	25.53	Круглая Д=5.5	Квадратная 6х6
			Монолит			1			
902-1-138.88**			5.5				31.1	Круглая Д=6.3	
			Сбор.монолит						
902-1-139.88**			7			Решетчатый контейнер	27.4	Круглая Д=5.5	
			Монолит						
902-1-140.88**			7				39.91	Круглая Д=6.3	
			Сбор.монолит			1			
902-1-141.88**			7				33.27	Круглая Д=5.5	
			Монолит						
902-1-107.87**	75-200	30-33	4	СМ 125-80-315/4	3	Решетка накопитель	31.52	Круглая Д=6.3	Прямоугольная 6х6
			Сбор.монолит						
902-1-108.87**			4				27.73	Круглая Д=5.5	
			Монолит						
902-1-109.87**			5.5				33.74	Круглая Д=6.3	Прямоугольная 12х12
			Сбор.монолит			1			
902-1-110.87**			5.5				30.08	Круглая Д=5.5	
			Монолит						
902-1-111.87**			7				42.13	Круглая Д=6.3	
			Сбор.монолит						
902-1-112.87**			7				34.77	Круглая Д=5.5	
			Монолит						
902-1-142.88**	120-660	6-51	4	СМ 100-65-200/4, СМ 100-65-250/4, СМ 125-80-315/4	3	Решетка механизированная РМУ-1Б	51.68	Круглая Д=9	Квадратная 9х9
			Сбор.монолит						
902-1-143.88**			4				48.76		
			Монолит			1			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-1-144.1.88**	120-660	6-51	5.5	СМ 100-65-200/4, СМ 100-65-250/4, СМ 125-80-315/4	3	Решетка механизированная РМУ-1Б	55.04	Круглая Д=9	Квадрат-ная 9х9
			Сбор.монолит., открытый способ						
902-1-144.2.88**			5.5			2	55.04		
			Сб.монолит., отпускной способ						
902-1-145.88**			5.5			Дробилка Д-3Б	52.77		
			Монолит						
902-1-146.1.88**			7				67.95		
			Сбор.монолит						
902-1-146.2.88**			7			1	67.95		
			"Сборная стена в грунте"						
902-1-147.88**			7				61.62		
			Монолит						
902-1-54**	200-1200	12-27	4	СМ-250-200-400/6	3	Решетка механизированная РМУ-1Б	76.14	Круглая Д=12	Квадрат-ная 12х12
			Монолит						
902-1-54**			5.5			2	81.14		
			Монолит						
902-1-54**			7			Дробилка Д-3Б	89.24		
			Монолит						
902-1-164.90			4				91.9		
			Сб.монолит.						
902-1-165.90			4			1	85.63		
			Монолит						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-1-166.1.90	200-1200	12-27	5.5 Сб.монолитный, открытый способ	СМ-250-200-400/6	3	Решетка дробилка КРД-40М или РД-600	94.82	Круглая Д=12	Квадрат-ная 12х12
902-1-166.2.90			5.5 Сб.монолит., опускной способ				94.82		
902-1-166.3.90			5.5 "Сборная стена в грунте"				94.82		
902-1-167.1.90			5.5 Сб.монолитный, открытый способ			3	89.4		
902-1-167.2.90			5.5 Сб.монолит., опускной способ				89.4		
902-1-170.91	600-2000	30-55	4 Сб. монолит	СМ-250-200-400/4	3	-	-	-	-
902-1-171.91			4 Монолит						
902-1-172.91			5.5 Сб.монолитный, открытый способ						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-1-173.91	600-2000	30-55	4	СМ 250-200-400/4	3				
			Сб.монолит., опускной способ						
902-1-174.91			5.5						
			"Сборная стена в грунте"						
902-1-175.91			5.5						
			Монолитный, открытый способ						
902-1-176.91			5.5						
			Монолит., опускной способ						
902-1-177.91			7						
			Сб.монолит., опускной способ						
902-1-178.91			7						
			"Сборная стена в грунте"						
902-1-179.91			7						
			Монолит						
902-1-148.88**	800-1400	80	4	СМ-200-150-500	5	Решетка-дробилка КРД 40М	140.71	Круглая Д=14	Прямо-угольная 18х12
			Сб. монолит						
902-1-149.88**			4			2	138.31		
			Монолит						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-1-150.1.88**	800-1400	80	5.5 Сб.монолитный, открытый способ	СМ-200-150-500	5	Решетка-дробилка КРД 40М	144.21	Круглая Д=14	Прямо-угольная 18х12
902-1-150.2.88**			5.5 Отпускной способ				144.21		
902-1-150.3.88**			5.5 "Сборная стена в грунте"				144.21		
902-1-151.88**			5.5 Монолит			2	143.99		
902-1-152.88**			7 Сб. монолит				174.12		
902-1-153.88**			7 Монолит				-		
902-1-113.87**	600-2500	28-40	4 Сб.ж/б. констр.	СМ 250-200-400/4	3	Решетка-дробилка РД-600 или КРД-40М	250.54	Круглая Д=15.3	Прямо-угольная 21х12
902-1-114.87**			4 Надземная часть в легких металлич. констр.				-		
902-1-115.87**			5.5 Сб.ж/б. констр.открытый способ			3	254.02		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
902-1-116.87**	600-2500	28-40	5.5 Надземная часть в легких металлич. констр., открытый способ	СМ-250-200-400/4	3	Решетка-дробилка РД - 600 или КРД-40м	253.02	Круглая Д=14	Прямоугольная 21х12
902-1-117.87**			5.5 Сб.ж/б. констр.опускной способ				276.27		
902-1-118.87**			5.5 Надземная часть в легких металлич. констр., отпускной способ			3	275.27		
902-1-119.87**			7 Сб.ж/б. Конструкция				284.52		
902-1-120.87**			7 Надземная часть в легких металлич. констр.				283.52		
902-1-104.86	2200-10000	25-32	4 Сборный	СДВ 2780/26.5	5	Решетка механиз. РМУ-4б	509.83	Круглая Д=8	Прямоугольная 39х18
902-1-105.86			5.5 Сборный			3 Дробилка Д-3б	530.15		
902-1-106.86			7 Сборный			1	662.77		

Примечание. Номера типовых проектов даны в перечне типовых проектов 1997 г. Техническая характеристика данных насосных станций в проектных организациях города отсутствует.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3
ВВЕДЕНИЕ 4
1. ВИДЫ СТОЧНЫХ ВОД 6
2. СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ 8
3. СХЕМЫ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ 11
4. ТРАССИРОВКА ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ 13
5. РАСЧЕТНЫЕ РАСХОДЫ СТОЧНЫХ ВОД 15
5.1. Определение расчетных расходов сточных вод от жилой застройки 15
5.2. Определение расходов сточных вод от промпредприятий 17
5.3. Определение суммарных расходов сточных вод от всех категорий потребителей 19
5.4. Определение расчетных расходов сточных вод на участках водоотводящей сети 21
6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ 24
6.1. Построение продольного профиля поверхности земли по выбранной трассе 24
6.2. Гидравлический расчет водоотводящей сети 26
6.3. Определение начального заглубления водоотводящей сети 28
6.4. Геодезический расчет водоотводящей сети 29
7. УСТРОЙСТВО ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ 34
7.1. Трубы 34
7.2. Основания под трубы 35
7.3. Смотровые колодцы 37
7.4. Перепадные колодцы 39
7.5. Дюкеры 40
8. КАНАЛИЗАЦИОННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ 47
8.1. Назначение и классификация насосных станций водоотведения 47
8.2.Определение категории канализационной насосной станции (КНС) 48
8.3. Выбор марки и количества основных насосных агрегатов 49
9. ПРИМЕР РАСЧЕТА БЫТОВОЙ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА 53
9.1. Исходные данные на проектирование 53
9.2. Характеристика объекта водоотведения 55
9.3. Выбор системы и схемы водоотведения 55
9.4.Трассировка сети 55

9.5. Определение расходов бытовых сточных вод 56
9.6. Гидравлический расчет водоотводящей сети.....64
9.7. Определение начального заглубления водоотводящей сети 67
9.8. Геодезический расчет сети 68
9.9. Дюкер.....69
9.10. Проектирование ГНС.....73
9.11. Устройство водоотводящей сети 76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 82
ПРИЛОЖЕНИЯ 83
Приложение 1
Удельное водоотведение бытовых сточных вод для районов жилой застройки 83
Приложение 2
Общие коэффициенты неравномерности притока бытовых сточных вод от города 83
Приложение 3
Расчетное количество людей на 1 сетку душа в зависимости от категории производства 84
Приложение 4
Примерное распределение в процентах среднесуточного расхода бытовых сточных вод по часам суток 85
Приложение 5
Примерный график водоотведения производственных сточных вод.....86
Приложение 6
Рекомендуемые значения минимально допустимых значений скоростей и максимально допустимых наполнений для бытовой водоотводящей сети.....87
Приложение 7
Выбор основания под трубы.....88
Приложение 8
Характеристика типовых проектов канализационных насосных станций.....103

Учебное издание

Ишева Наталья Игоревна
Гришин Борис Михайлович
Бикунова Марина Викторовна

ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЫТОВОЙ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Учебное пособие

Р е д а к т о р М.А. Сухова
В е р с т к а Н.В. Кучина

Подписано в печать 23.06.2015. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 6,51. Уч.-изд.л. 7,0. Тираж 80 экз.
Заказ № 247.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.