Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Храмешин Сергей Николаевич
Должность: Научный руководитель
Дата подписания: 20.08.2025 10:50:23
Уникальный программный ключ:
9e604e7f43158d9188ee2ea08e15bab0641b04c9

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Водоснабжения и водоотведения»

696 (07)
Н70

С.Г. Ницкая, В.И. Васильев

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2011

УДК 696.1 (076.5)
Н 70

Одобрено
учебно-методической комиссией
архитектурно-строительного факультета

Рецензенты:
Еременко И.В., Усков В.И.

Н70 Ницкая, С.Г.
Инженерные сети и оборудование: учебное пособие / С.Г. Ницкая, В.И. Васильев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 74 с.

Учебное пособие предназначено для студентов дневной, вечерней и заочной форм обучения строительных специальностей.

Пособие составлено с учетом требований действующих СНиП, содержит варианты заданий к курсовым и семестровым работам и практическим занятиям по дисциплине «Инженерные сети и оборудование», «Водоснабжение и водоотведение» и др., а также рекомендации по расчету необходимых элементов инженерных сетей населенных мест.

УДК 696.1 (076.5)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Разработка планов использования территории населенных пунктов и прилегающих земельных территорий включает комплекс мероприятий, важнейшей составляющей которых является планирование инженерного оборудования территорий. Инженерные сооружения, как линейные, так и сопутствующие, влияют на размещение зданий и их работу в процессе эксплуатации. Правильное проектирование инженерного оборудования территорий является одной из важнейших задач перспективного планирования использования земель.

Инженерные сети определяют степень благоустройства населенных пунктов.

Инженерные сети (системы, коммуникации) – это системы, обеспечивающие жизнедеятельность потребителей: населения, коммунально-бытовых и промышленных предприятий.

Все сети инженерно-технического обеспечения подразделяются на внешние и внутренние и представляют собой следующие системы:

– внешние системы водоснабжения и водоотведения (источники водоснабжения, гидротехнические сооружения, водопроводные и канализационные очистные станции, водоводы, коллекторы, насосные станции, внутриквартальные сети);

– внутренние системы водоснабжения и водоотведения (системы водоснабжения и водоотведения зданий и сооружений);

– внешние системы теплоснабжения (городские теплосети, тепловые пункты и внутриквартальные сети);

– внутренние системы теплоснабжения (системы горячего водоснабжения и отопления зданий и сооружений);

– системы газоснабжения (газораспределительные пункты, регуляторы давления, фильтры, предохранительные клапаны, счетчики, газопроводы и т.п.);

– внешние системы электроснабжения (линии электропередач, трансформаторные и тяговые подстанции и т. д.);

– внутренние системы электроснабжения (домовые сети напряжением 380 В и ниже);

– системы вентиляции и кондиционирования воздуха (жилых и общественных зданий и сооружений и объектов инженерного обеспечения);

– системы наружного освещения (улиц, дорог, витрин, стендов и т. д. и относящихся к ним линий электропередач напряжением 10 кВ и ниже);

– внешние сети связи;

– внутренние сети связи (телефонная сеть, структурированная кабельная система, система автоматизированного диспетчерского управления, система контроля доступа, система визуализации) [1].

1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Вода расходуется различными потребителями на самые разнообразные нужды. Преимущественно водопотребление можно представить в виде трех основным категорий:

- хозяйственно-питьевые нужды (питье, приготовление пищи, гигиенические, стирка, поддержание чистоты жилищ и т. д.),
- производственные нужды (расход предприятиями промышленности, транспорта, энергетики, сельского хозяйства и т. д.),
- пожаротушение.

Водоснабжение – подача поверхностных или подземных вод водопотребителям в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями качества воды в водных объектах [2]. Инженерные сооружения, предназначенные для решения задач водоснабжения, называют системой водоснабжения [3].

Выбор источника является одной из наиболее ответственных задач при устройстве системы водоснабжения, так как он определяет в значительной степени характер самой системы, наличие в ее составе тех или иных сооружений, стоимость строительства и эксплуатации.

Источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать получение из него необходимых количеств воды с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;
- обеспечивать бесперебойность снабжения водой потребителей;
- давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества за счет очистки;
- обеспечивать возможность подачи воды с наименьшей затратой средств;
- обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему.

Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для каждого данного объекта требует тщательного изучения и анализа водных ресурсов района, в котором расположен объект.

Природные источники воды, используемые для целей водоснабжения, могут быть отнесены к двум основным группам:

- поверхностные источники – моря или их отдельные части (заливы, проливы), водотоки (реки, ручьи, каналы), водоемы (озера, пруды, водохранилища, обводненные карьеры), болота, природные выходы подземных вод (гейзеры, родники), ледники, снежники;
- подземные источники — бассейны подземных вод, водоносные горизонты.

1.1. Системы водоснабжения

Системы водоснабжения представляют собой комплекс сооружений, предназначенных для снабжения потребителей водой в необходимых количествах, требуемого качества и под требуемым напором. Системы состоят из сооружений для забора воды из источника водоснабжения, ее обработки, перекачки воды к потребителю и сооружений для ее хранения.

Система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, то есть обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды (перерывы или снижение подачи воды или ухудшение ее качества в недопустимых пределах) [4].

Для выполнения этих задач служат следующие сооружения, входящие в состав системы водоснабжения:

- водозаборные сооружения, при помощи которых осуществляется прием воды из природных источников,
- водоподъемные сооружения, то есть насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранения или потребления,
- сооружения для очистки воды,
- водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования и подачи воды к местам ее потребления,
- водонапорные башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей в системе водоснабжения.

В зависимости от местных природных условий и характера потребления воды, экономических соображений схема водоснабжения и составляющие ее элементы могут меняться. Большое влияние на схему водопровода оказывает принятый источник водоснабжения: его характер, мощность, качество воды в нем, расстояние от него до снабжаемого водой объекта и т. п. В некоторых случаях для одного объекта используется несколько природных источников.

Системы водоснабжения могут классифицироваться по ряду основных признаков.

По назначению:

- системы водоснабжения населенных мест (городов, поселков),
- системы производственного водоснабжения,
- системы сельскохозяйственного водоснабжения,
- системы противопожарного водоснабжения,
- комбинированные системы водоснабжения (хозяйственно-производственные, хозяйственно-противопожарные и т. д.).

По способу подачи воды:

- самотечные (гравитационные),
- с механизированной подачей воды (с помощью насосов),
- зонные (в одни районы самотеком, в другие насосами).

По характеру используемых природных источников:

- получающие воду из поверхностных источников (речные, озерные и т. д.),
- получающие воду из подземных источников (родниковые, артезианские и т. д.),
- смешанного типа.

По способу использования воды:

- системы прямоточного водоснабжения (с однократным использованием воды),
- системы оборотного водоснабжения,
- системы с повторным использованием воды.

1.2. Схемы водоснабжения населенных пунктов

Схемы водоснабжения городов и населенных пунктов определяется видом источника водоснабжения, качеством воды в нем, рельефом местности, режимом водопотребления (рис. 1.1).

Параметры элементов системы водоснабжения находятся в соответствии с количеством подаваемой воды и с намеченным для них режимом работы. Общее количество воды, которое должно быть подано потребителям, определяется в соответствии с действующими на рассматриваемый период нормами, основанными на анализе фактической работы существующих систем.

Общий расход воды на нужды населения пропорционален числу жителей в населенном пункте, для которого строится система водоснабжения, а также расходу воды на хозяйственно-питьевые нужды, приходящемуся на одного жителя, т.е. норме водопотребления.

Норма водопотребления зависит от характера санитарно-технического оборудования зданий и местных климатических условий. Она учитывает расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды в домах отдыха, санаториях и детских оздоровительных лагерях [5].

На основании данных о нормах водопотребления, сведений о расчетном числе жителей и потребности в воде промышленных предприятий, забирающих воду из городского водопровода, может быть определено полное среднее расчетное количество воды, которое должно быть подано городу в течение суток.

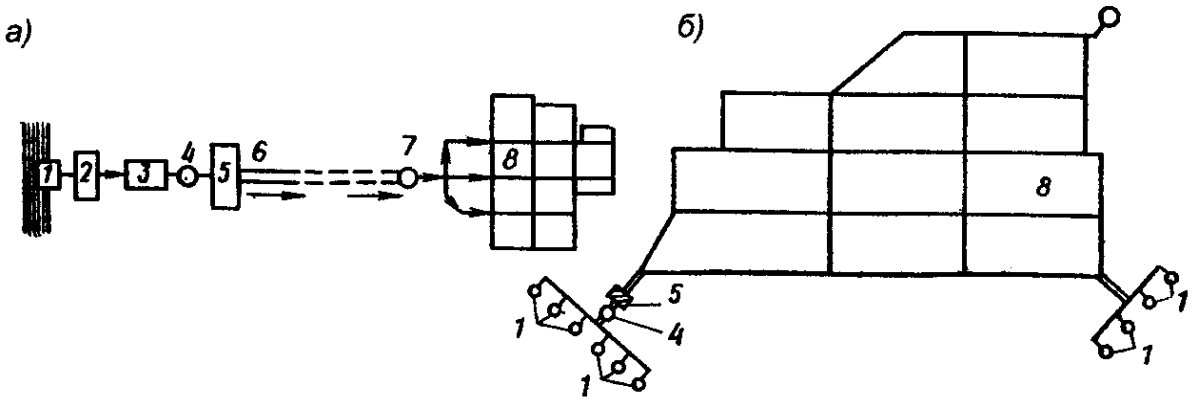


Рис. 1.1. Схема систем водоснабжения: а – поверхностный источник водоснабжения; б – подземный источник водоснабжения

1 – водозаборные сооружения; 2, 5 – сооружения для подъема и перекачки воды (насосные станции); 4 – резервуары; 6 – водоводы; 7 – водонапорная башня; 8 – водопроводная сеть.

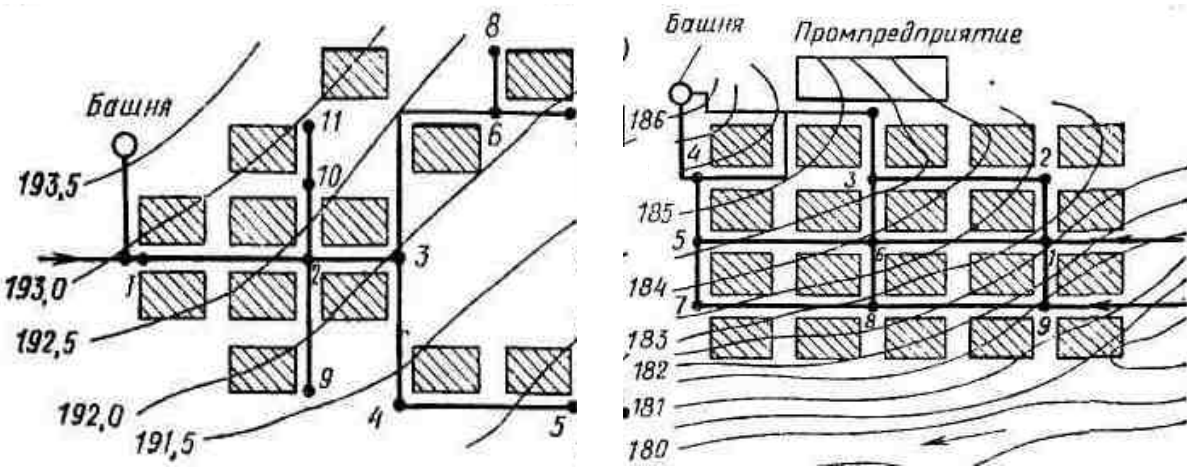
1.3. Устройство и оборудование водопроводной сети

Начертание в плане водоводов и водопроводной сети определяется взаимным расположением источника и объекта водоснабжения, планировкой застройки, рельефом местности, грунтовыми условиями, наличием искусственных и естественных препятствий, требованиями к обеспечению бесперебойного снабжения водой потребителей, кратчайшими путями транспортирования воды. Взаимная увязка перечисленных требований и факторов осуществляется на первой стадии проектирования – **трассирование сети.**

По конфигурации водопроводные сети бывают тупиковые (разветвленные) (рис.1.2,а) и кольцевые (рис. 1.2,б). **Тупиковые сети** не обеспечивают бесперебойности водоснабжения, поэтому применены в тех случаях, когда по условиям потребления воды возможны перерывы в ее подаче на время, необходимое для ликвидации аварии, или когда существуют запасы воды для снабжения объекта на время восстановления трубопровода. **Кольцевые сети** благодаря наличию параллельно работающих линий обеспечивают бесперебойную подачу воды потребителям, за исключением питающихся непосредственно от поврежденного участка.

Для городских и производственных водопроводов, как правило, устраивают **кольцевые сети.** При проектировании и гидравлическом расчете все линии сети обозначаются цифрами и условно разделяются на магистральные и распределительные. Гидравлическому расчету подвергаются магистральные линии, диаметры распределительных линий назначаются конструктивно в зависимости от противопожарного расходов.

Водопроводные магистрали прокладывать по городским мостам или по мостам, обслуживающим автомобильные дороги транзитного движения, не разрешается, за исключением случаев, когда имеется дублирующая водопроводная магистраль в том же районе.



а б

Рис. 1.2. Схемы водопроводной сети населенного пункта:
а – тупиковая; б – кольцевая

Для обеспечения нормальной эксплуатации водопроводная сеть должна быть оборудована арматурой: запорно-регулирующей (задвижки и дисковые поворотные затворы), предохранительной (предохранительные клапаны, вантузы) и водоразборной (водоразборные колонки, краны, пожарные гидранты).

Запорно-регулирующая арматура. Задвижки и дисковые поворотные затворы служат для регулирования распределения расходов воды по сети и отключения участков сети для осмотра и ремонта. На рис. 1.3 показаны различные виды задвижек.

В параллельных задвижках запорное устройство задвижки состоит из двух дисков и расположенных между ними односторонне скошенных клиньев. Вращением маховика, связанного со шпинделем, диски можно поднимать (открывать задвижку) и опускать (закрывать задвижку). При опускании дисков клинья раздвигаются и прижимают диски к гнездам, обеспечивая плотное закрытие задвижки.

В клиновой задвижке с выдвижным шпинделем запорное устройство состоит из одного круглого диска. Плотность закрытия задвижки обеспечивается клинообразной формой диска, вводимого в гнездо между наклонными уплотняющими кольцами корпуса.

Для облегчения открытия задвижек больших диаметров их снабжают обводными линиями. Открытие задвижки на обводной линии выравнивает

давление по обеим сторонам диска и облегчает открытие основной задвижки.

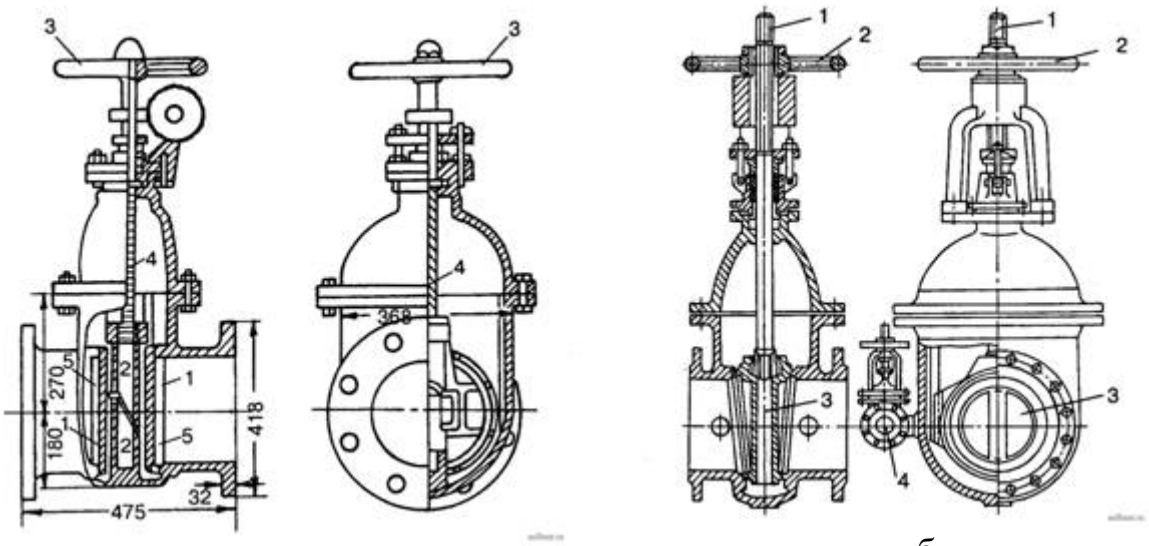


Рис. 1.3. Устройство задвижек:

а – параллельная задвижка с невыдвижным шпинделем: 1 – диски; 2 – скошенные клинья; 3 – маховик; 4 – шпиндель; 5 – гнезда;

б – клиновая задвижка с выдвижным шпинделем: 1 – шпиндель; 2 – маховик; 3 – клинообразный диск; 4 – обводная линия

В последние годы благодаря ряду достоинств получили распространение дисковые поворотные затворы (рис. 1.4). Принцип их работы состоит в том, что поворотный диск, будучи прижат к уплотняющей поверхности седла внутри корпуса, преграждает путь потоку воды; при повороте диска на 90° вода свободно проходит через затвор. К достоинствам поворотных затворов относятся: малый вес, малые размеры, высокая герметичность (благодаря наличию шлангового резинового уплотнителя) и низкая стоимость. Недостатком затворов является то, что они вызывают большие потери напора, чем обычные задвижки.

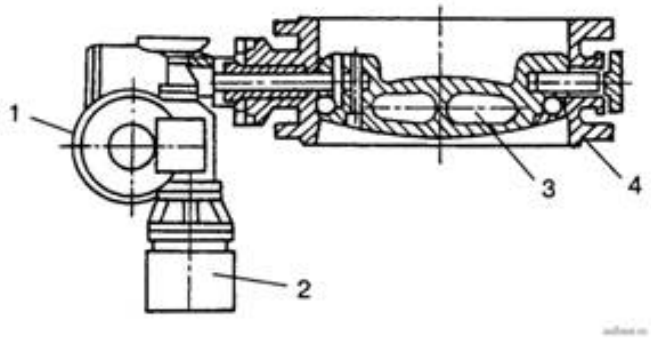


Рис. 1.4. Дисковый поворотный затвор с электроприводом:

1 – редуктор; 2 – электродвигатель; 3 – поворотный диск; 4 – седло

Задвижки большого диаметра и дисковые поворотные затворы оборудуют электрическим или гидравлическим приводом, что обеспечивает возможность дистанционного и автоматического управления ими.

В местах установок задвижек и затворов на сети обычно устраивают смотровые колодцы или камеры.

Предохранительная арматура. Предохранительные клапаны и устройства предназначены для борьбы с гидравлическим ударом в трубопроводах. Их устанавливают в местах, где существует опасность повышения давления.

Для предотвращения обратного движения воды по водоводам к насосам насосных станций применяют обратные клапаны. Их устанавливают между напорным патрубком насоса и задвижкой, что позволяет во время ремонта клапанов отключать их от водоводов.

Обратные клапаны применяют также в качестве отсекающей арматуры для разделения водоводов на отдельные участки как мера, локализирующая гидравлический удар (повышение давления вследствие резкой остановки движения воды при быстром закрытии задвижки или остановке насоса с открытой задвижкой на напорном патрубке и др.).

На рис. 1.5. показан обратный однодисковый поворотный клапан Под действием движущейся воды тарелка 2 поворачивается вместе с шарнирным рычагом 4 относительно оси, и вода проходит через клапан. При движении воды в обратном направлении (на рисунке справа налево) тарелка опускается вначале под действием собственного веса, а затем под давлением воды, и клапан закрывается.

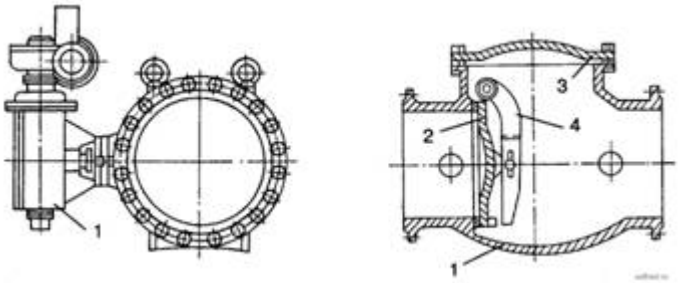


Рис. 1.5. Обратный поворотный клапан:
1 – корпус; 2 – тарелка клапана; 3 – крышка корпуса; 4 – рычаг тарелки клапана

Обратные многодисковые поворотные клапаны имеют по нескольку тарелок. Благодаря меньшему весу каждой тарелки и неодновременному их закрытию сила общего удара при обратном движении воды значительно меньше, чем у однодискового клапана.

Клапаны больших размеров выполняют с обводными линиями, на которых устанавливают задвижки с электроприводом.

Для защиты трубопроводов от гидравлического удара применяют предохранительные клапаны. Их разделяют на две группы: 1) пружинные пре-

дохранительные клапаны и диафрагмы, применяемые при гидравлических ударах, начинающихся с повышения давления; 2) гасители удара, применяемые при гидравлических ударах, начинающихся с понижения давления. Клапаны первой группы устанавливают в любой точке водопроводной сети и водоводов, а также на насосных станциях. Клапаны второй группы (гасители удара) устанавливают лишь на насосных станциях.

На рис. 1.6. представлена конструкция пружинного предохранительного клапана.

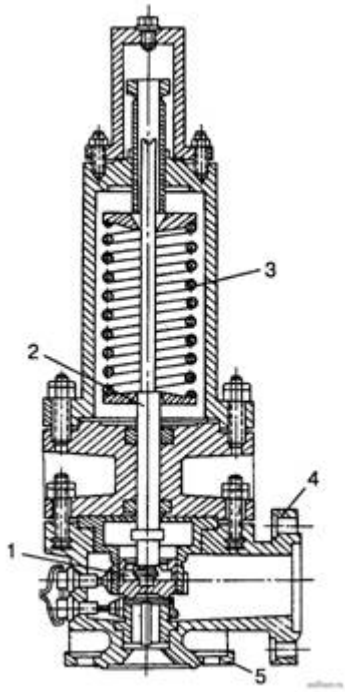


Рис. 1.6. Пружинный предохранительный клапан: 1 – клапан; 2 – шток; 3 – пружина; 4 – сбросной патрубок; 5 – патрубок для присоединения к трубе

При повышении давления в трубопроводе более допустимого вода поднимает клапан 1 и шток 2. Пружина 3 сжимается. Вода удаляется через патрубок 4, и давление в трубопроводе снижается. После этого под действием пружины клапан опять садится в свое гнездо, и выброс воды прекращается.

Для отключения клапана на период ремонта или регулирования между трубопроводом и клапаном следует устанавливать задвижку.

Предохранительные диафрагмы представляют собой устанавливаемые на ответвлениях металлические заслонки, которые могут выдержать давление не более рабочего. Обычно такие диафрагмы устанавливают в штуцерах на верхних крышках обратных клапанов. Гидравлический удар, начинающийся с понижения давления, может произойти при внезапном выключении насосов. При этом в начале водовода может произойти снижение давления, за которым может последовать волна повышения давления. Гасители удара устанавливаются непосредственно за обратным клапаном по направлению движения воды. При падении давления они открываются, и в момент ударной волны происходит слив воды. Затем сбросной клапан гасителя медленно закрывается.

В возвышенных точках водоводов и водопроводной сети может скапливаться воздух (оставшийся в трубопроводе в период его заполнения, попавший с водой из источника, выделившийся из воды и др.). Наличие воздуха в трубопроводах уменьшает их пропускную способность и может

быть причиной возникновения гидравлических ударов (соударение разорвавшихся частей потока в результате накопления воздуха).

В некоторых случаях возникает необходимость впуска воздуха в трубопроводы.

Для выпуска и впуска небольших количеств воздуха применяют вантузы. На рис. 1.7 показан простейший вантуз. При скоплении воздуха уровень воды внутри корпуса 1 снижается и шар 6 опускается. В результате опускаются связанные со штоком клапаны и открываются малое, а затем большое отверстия, через которые происходит выпуск воздуха. После выпуска воздуха уровень воды и шар поднимаются. Вместе с шаром поднимаются связанные с ним через шток клапаны, закрывая отверстия.

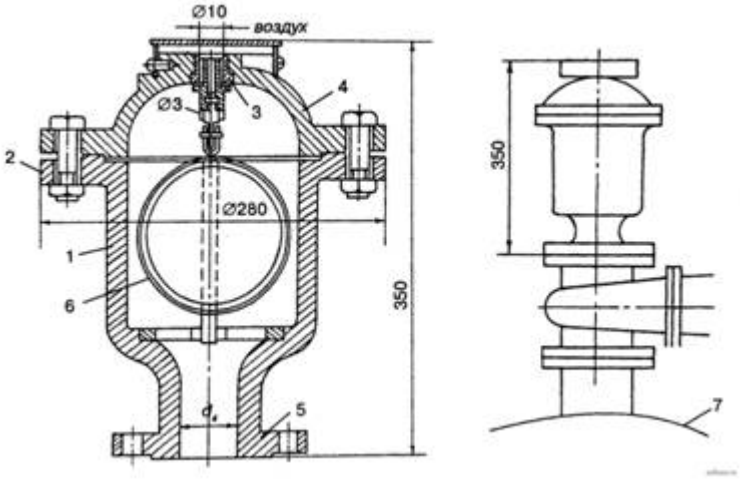


Рис. 1.7. Вантуз для выпуска воздуха из трубопровода и для впуска воздуха в него:
а – общий вид вантуза; б – установка вантуза на трубопроводе;
1 – корпус; 2 – верхний фланец; 3 – бронзовая втулка; 4 – крышка;
5 – нижний фланец; 6 – шар; 7 – трубопровод

Для трубопроводов больших диаметров применяют двойные вантузы (с двумя шарами).

Для впуска воздуха в трубопроводы перед ремонтом или во время аварии применяют противовакуумные автоматические пружинные вантузы.

Выпуски служат для сброса воды. Их устанавливают в пониженных точках каждого ремонтного участка трубопровода, а также в местах, принятых для промывки трубопроводов перед сдачей в эксплуатацию по окончании строительства или после ремонта.

Водоразборная арматура. Если здания в населенном пункте не оборудованы внутренним водопроводом, то забор воды из сети осуществляется через **водоразборные колонки**

Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют **гидранты,** устанавливаемые в смотровых колодцах через 150 м.

На рис. 1.8 показана водоразборная колонка. При нажатии на рукоятку штангой открывается клапан, и вода поступает в подающую трубу. После прекращения работы колонки вода из подающей трубы стекает в патрубок, откуда засасывается эжектором в начале очередного действия колонки. Напор в сети для нормального действия колонки должен быть не менее 1 кгс/см^2. Водоразборные колонки размещают на сети так, чтобы радиус действия каждой колонки не превышал 100 м.

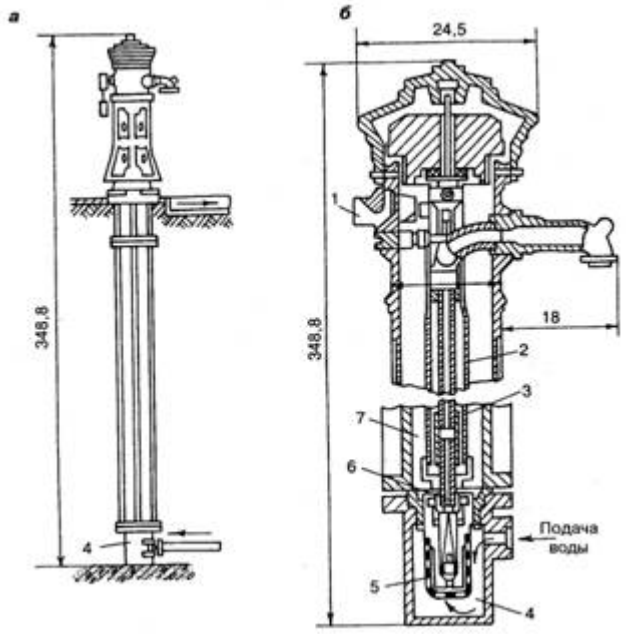


Рис. 1.8. Водоразборная колонка московского типа:
а – общий вид колонки; б – детали колонки;
1 – подъемный рычаг с рукояткой; 2 – трубчатая штанга; 3 – подающая труба; 4 – приемник; 5 – клапан; 6 – эжектор; 7 – патрубок

Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют гидранты (рис. 1.9). Гидранты бывают подземные и надземные.

Пожарный гидрант представляет собой сборочно-сварочную конструкцию из трубы диаметром 133 мм, внутри которой находится клапан с уплотнительным резиновым кольцом для подачи воды из водопроводной магистрали к стендеру с патрубками пожарных рукавов.

Более широкое применение имеют подземные гидранты. Гидранты этого типа полностью располагаются в колодце. Высота гидранта зависит от глубины укладки труб и колеблется в пределах 500 – 2500 мм.

На рис. 1.9.а показан наиболее распространенный подземный гидрант.

При пользовании гидранта на него навинчивают стендер (см. рис. 1.9, в). При вращении рукоятки 1 стендера опускается шпиндель гидранта и открывается связанный с ним шаровой клапан. Вода забирается через пожарные рукава, присоединяемые к штуцерам 2 стендера.

На рис. 1.9 б показан гидрант другой конструкции. Он имеет клапан более обтекаемой формы и уменьшенный шаг резьбы шпинделя, благодаря

чему менее опасен в отношении гидравлического удара. В целях устранения возможности возникновения гидравлического удара к этому гидранту разработано специальное разгрузочное приспособление, предотвращающее повышение давления сверх установленного.

Гидранты устанавливают в смотровых колодцах на фасонных частях (пожарных подставках). Высоту гидрантов подбирают с учетом глубины колодцев. Расстояние между гидрантами на сети должно быть не более 150 м.

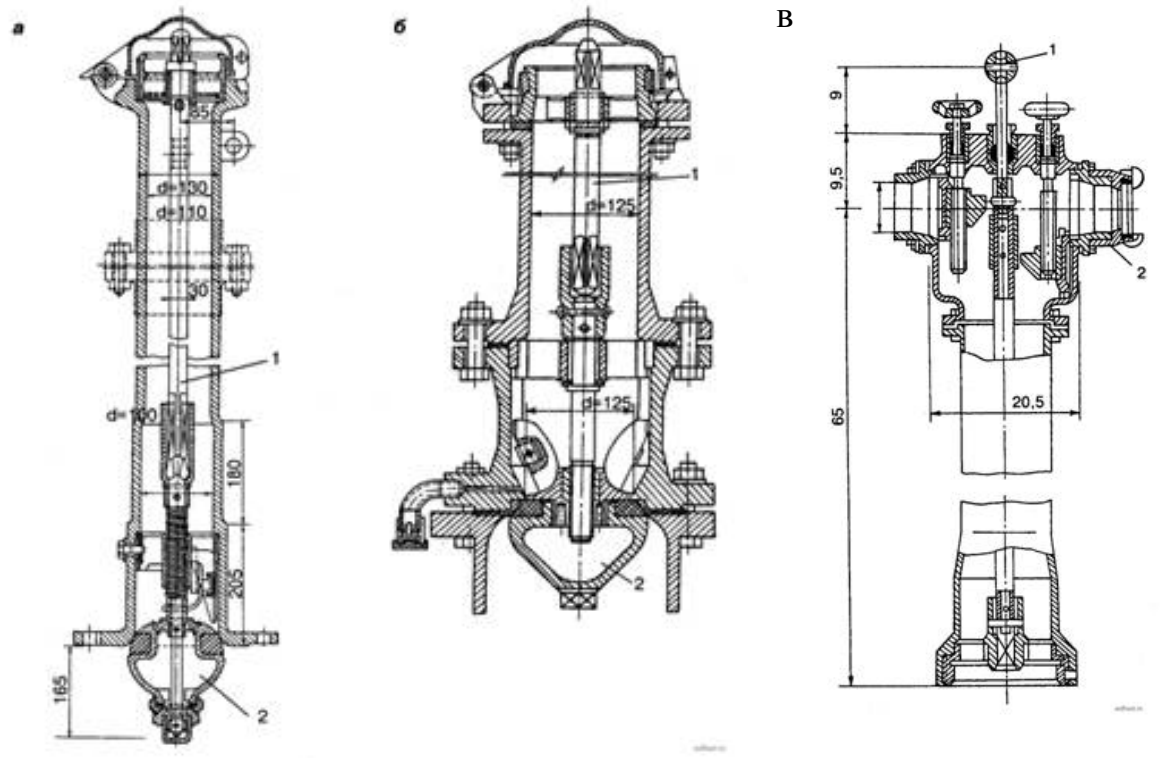


Рис. 1.9. Пожарные гидранты:
а – подземный гидрант московского типа; б – гидрант (ГОСТ 8220-62);
1 – шпиндель; 2 – шаровой клапан;
в – стендер: 1 – рукоятка; 2 – штуцера

Колодцы на сетях водоснабжения. Уровень люков колодцев при наличии мостовой должен быть выше уровня проезжей части не более чем на 2 см; в незамощенных проездах – на 5 см с устройством отмостки шириной 1 м вокруг люка. На усовершенствованных мостовых люки устанавливают на одном уровне с поверхностью мостовой.

Деталировка сети составляется для показа всей устанавливаемой арматуры и фасонных частей, необходимых для монтажа сети; она необходима также для определения размеров колодцев.

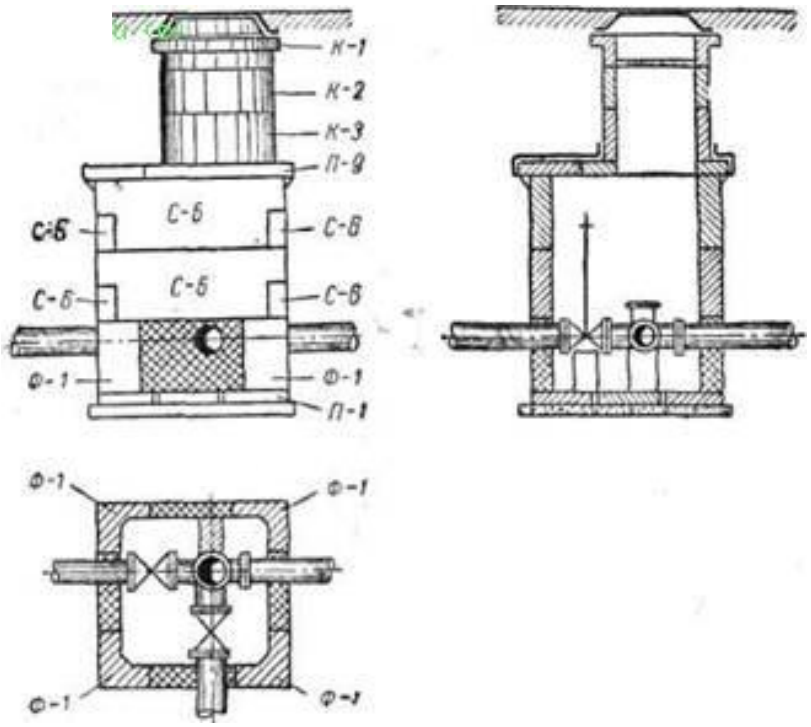


Рис. 1.10. Колодцы из сборного железобетона

1.4. Режим работы сооружений

Параметры элементов системы водоснабжения находятся в соответствии с количеством подаваемой воды и с намеченным для них режимом работы. Общее количество воды, которое должно быть подано потребителям, определяется в соответствии с действующими нормами.

Общий расход воды на нужды населения пропорционален числу жителей в населенном пункте, для которого строится система водоснабжения, а также расходу воды на хозяйственно-питьевые нужды, приходящемуся на одного жителя, т.е. норме водопотребления (табл.1.1).

Таблица 1.1

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах

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

Норма водопотребления зависит от характера санитарно-технического оборудования зданий и местных климатических условий. Она учитывает расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды в домах отдыха, санаториях и детских оздоровительных лагерях.

Для районов застройки зданиями, в которых водопользование осуществляется из водоразборных колонок, среднесуточная (за год) норма водопотребления на одного жителя принимается 30 – 50 л/сут.

Выбор нормы водопотребления производится с учетом природно-климатических условий, мощности источника водоснабжения, этажности застройки, уклада жизни населения и других местных условий.

Для определения общего расхода воды в населенном пункте на хозяйственно-питьевые нужды необходимо дополнительно учитывать расходование воды рабочими в период их пребывания на производстве: в цехах со значительным тепловыделением – 45 л, а в остальных цехах – 25 л на каждого рабочего в смену. Помимо этого, на производствах, связанных с необходимостью принятия душа, должен быть предусмотрен расход воды из расчета 500 л/ч на одну душевую сетку в течение 45 мин.

Если на благоустройство территории населенных пунктов и промышленных предприятий (поливка и мойка покрытий проездов и площадей, поливка зеленых насаждений, газонов и цветников) используется вода из централизованной системы водоснабжения, то необходимо учитывать и расход воды на полив и мойку территорий.

Число поливок в сутки принимается в зависимости от местных климатических условий.

Потребление воды на производственные нужды зависит от характера и объема производства, а также технологии производства. Различные производственные потребители предъявляют различные требования к качеству воды. Расходы воды на нужды производства определяются на основании технологических расчетов.

Расходование воды на нужды пожаротушения определяется в соответствии с нормами, устанавливаемыми на основании опыта тушения пожаров (табл. 1.2).

Расход воды для пожаротушения на промышленных предприятиях определяется в зависимости от характера производства и степени огнестойкости производственных зданий.

Расчетное число одновременных пожаров для объединенного противопожарного водопровода населенного пункта и промышленного предприятия или сельскохозяйственного производственного комплекса, расположенных вне населенного пункта, принимается в зависимости от площади, занимаемой предприятием, и числа жителей в населенном пункте.

При нескольких промышленных предприятиях и одном населенном пункте расчетное число одновременных пожаров принимают в каждом от-

дельном случае по согласованию с органами Государственного пожарного надзора.

Таблица 1.2

Расход воды на наружное пожаротушение в населенных пунктах

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с	
		Застройка зданиями высотой до 2-х этажей	Застройка зданиями 3 и более этажей независимо от степени их огнестойкости
До 1	1	5	10
Св. 1 до 5	1	10	10
Св. 5 до 10	1	10	15
Св. 10 до 25	2	10	15
Св. 25 до 50	2	20	25
Св. 50 до 100	2	25	35
Св. 100 до 200	3	–	40
Св. 200 до 300	3	–	55
Св. 300 до 400	3	–	70
Св. 400 до 500	3	–	80
Св. 500 до 600	3	–	85
Св. 600 до 700	3	–	90
Св. 700 до 800	3	–	95
Св. 800 до 1000	3	–	100

Расчетная продолжительность тушения пожара принимается 3 ч. Расчетный расход на пожаротушение должен быть обеспечен при наибольшем расходе на другие нужды.

Максимальный срок восстановления неприкосновенного противопожарного расхода, хранящегося в резервуарах, составляет 1 – 3 сут. в зависимости от категории объекта по пожарной опасности.

На основании данных о нормах водопотребления, сведений о расчетном числе жителей и потребности в воде промышленных предприятий, забирающих воду из городского водопровода, может быть определено полное среднее расчетное количество воды, которое должно быть подано городу в течение суток.

На хозяйственно-питьевые и бытовые нужды населения средние суточные расходы воды Q, м^3/сут, равны:

$$Q_{сут} = q_{ср} \cdot N_{ж} = \frac{\Sigma(q_{ж} \cdot N_{ж})}{1000} \quad (1.1)$$

где $q_{ср}$ – средний за год расчетный расход воды на одного жителя, принимаемый в соответствии с действующими СНиП; $N_{ж}$ – расчетное число жителей; $q_{ж}$ – норма расхода воды на одного жителя в соответствии со степенью благоустройства.

Расчетные объемы водопотребления промышленных объектов определяются на основании технологических расчетов.

Определенные среднесуточные расходы водопотребления могут служить только в качестве общего показателя потребности в воде. В действительности суточные расходы воды в значительной мере зависят от сезона года, климатических изменений, дней недели. Таким образом, потребление воды жителями в течение года неравномерно.

Система водоснабжения должна удовлетворять потребности населения в воде в любые сутки, в том числе в сутки наибольшего (максимального) водопотребления.

Суточная неравномерность потребления воды характеризуется коэффициентами суточной неравномерности: $K_{макс}^{сут}$ и $K_{мин}^{сут}$. Максимальный коэффициент суточной неравномерности $K_{макс}^{сут}$ представляет собой отношение суточного расхода в дни наибольшего водопотребления $Q_{макс}^{сут}$ к среднему суточному расходу за год Q:

$$K_{макс}^{сут} = Q_{макс}^{сут} / Q. \quad (1.2)$$

Минимальный коэффициент суточной неравномерности $K_{мин}^{сут}$ – это отношение суточного расхода в дни наименьшего водопотребления $Q_{мин}^{сут}$ к среднему суточному расходу за год:

$$K_{мин}^{сут} = Q_{мин}^{сут} / Q. \quad (1.3)$$

Коэффициенты, учитывающие характер жилой застройки, степень благоустройства зданий, режим работы предприятий, принимаются равными: $K_{макс}^{сут}$ =1,1 – 1,3; $K_{мин}^{сут}$ =0,7 – 0,9.

Максимальный суточный расход является основным расчетным расходом, на который должна быть рассчитана система водоснабжения. Однако потребление воды в течение суток также неравномерно. Степень неравномерности расходования воды зависит от числа жителей в населенном пункте, а также от благоустройства зданий, условий работы предприятий и других местных условий.

Неравномерность водопотребления на промышленных предприятиях зависит от технологии производства.

1.5. Гидравлический расчет водопроводных сетей

Гидравлический расчет водопроводных сетей выполняют с целью определения экономически выгодных диаметров труб, достаточных для пропуска заданных расходов воды, и определение потерь напора в сети [6]. Потери напора необходимо знать для определения высоты водонапорной башни и напора насосов. Водопроводная сеть должна быть рассчитана на случаи наибольшего водопотребления и момента пожара, совпадающего по времени с часом максимального водопотребления.

В городских водопроводных сетях принимается схема равномерного распределения отбора воды на хозяйственно-питьевые нужды населения. Расходы воды крупных предприятий рассматриваются как сосредоточенные в определенных узлах.

При расчетах сетей принимают упрощенную схему водоразбора.

Расход, приходящийся на 1 м длины сети, называется удельным:

$$q_{уд} = Q / \sum L, \qquad (1.4)$$

где Q – общий расход воды сетью, равномерно распределенный по длине сети, из которого вычитаются расходы, потребляемые промышленными предприятиями, банями, прачечными и пожарные расходы; $\sum L$ – суммарная длина магистральных линий.

При определении диаметров труб по отдельным участкам сети необходимо вычислить расчетные расходы воды для этих участков, т.е. количество воды, которое будет протекать по ним в расчетные периоды работы системы.

Диаметры труб линий сети определяют как

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi \cdot \upsilon}}, \qquad (1.5)$$

где q – расчетный расход; υ – скорость движения воды в трубопроводе.

Диаметр трубы зависит как от расхода, так и от скорости. Скорость движения воды зависит от целого ряда показателей: стоимости электроэнергии, стоимости труб и их укладки, гидравлических параметров труб и др. Ориентировочно диаметр труб иногда выбирают по экономичным скоростям, составляющим 0,5 – 2 м/с. Меньшие значения скоростей принимаются для труб малого диаметра, а большие – для труб большего диаметра.

Потери напора в трубах определяют по формуле:

$$h = 1000i \cdot l \text{, м,} \qquad (1.6)$$

где *1000i* – удельные потери напора, *l* – длина линии сети, м.

Величину *1000i* и скорость движения воды υ (м/сек) определяют по таблицам [14], в которых эта величина (и соответственно, диаметры трубопроводов) выделены рамочкой. Границы этой рамочки установлены применительно к средним условиям (для экономического фактора Э = 0,75).

Используя результаты расчетов для различных режимов водопотребления, можно определить параметры водонапорной башни и насосных агрегатов, обеспечивающие работоспособность системы водоснабжения.

2. ВОДООТВЕДЕНИЕ

Система водоотведения города – комплекс сооружений, предназначенный для приема и отведения сточных вод всех категорий. Удаление сточных вод за пределы населенных пунктов и промышленных предприятий осуществляется, как правило, самотеком по трубам и каналам, поэтому их прокладывают с уклоном. В современных городах устраивают централизованную систему водоотведения, состоящую из внутренних и наружных водоотводящих сетей, насосных станций и очистных сооружений [5].

2.1. Общая схема водоотведения и ее элементы

Схема водоотведения – это технически и экономически обоснованное проектное решение принятой системы водоотведения с учетом местных условий и перспектив развития объекта водоотведения [5].

Схема водоотведения населенного пункта или промышленного предприятия включает разнообразные сооружения, которые по своему назначению делятся на две основные группы.

К первой группе относят оборудование и сооружения, предназначенные для приема и транспортирования сточных вод:

- внутренние водоотводящие устройства (внутренняя сеть),
- наружная водоотводящая сеть,
- насосные станции и напорные водоводы

Вторая группа представляет:

- очистные станции и сооружения,
- выпуски сточных вод в водоем.

Внутреннюю водоотводящую сеть в зависимости от категории отводимой жидкости подразделяют на:

- бытовую – для отведения из зданий хозяйственно-бытовых сточных вод,
- производственную – для отведения из цехов производственных сточных вод,
- дождевую – для отведения дождевых и талых вод с поверхности крыш зданий.

Наружная водоотводящая сеть состоит из подземной сети труб и каналов, прокладываемых с уклоном. Эти сети разделяются на дворовые, внутриквартальные и уличные.

1. Дворовая водоотводящая сеть располагается в пределах одного двора и обслуживает одно или несколько зданий, она включает в себя выпуски из зданий, приемные и смотровые колодцы, а также систему подземных труб небольшого (150…200 мм) диаметра.

Последний колодец перед присоединением дворовой сети к уличной сети называется **контрольным колодцем**.

2. Внутриквартальная сеть располагается уже в пределах квартала или микрорайона, состоит из тех же элементов, что и дворовая.

3. Уличная водоотводящая сеть служит для транспортирования сточных вод, поступающих от отдельных кварталов населенного пункта в один трубопровод, называемый коллектором. Различают следующие виды коллекторов:

- коллектор бассейна водоотведения – собирает сточные воды из сети одного бассейна водоотведения,
- главный коллектор – собирает сточные воды от коллекторов бассейна водоотведения,
- загородный коллектор – отводит транзитом стоки за пределы населенного пункта к насосной станции или очистным сооружениям

Выделяют три основные системы водоотведения:

1. **Общесплавная система** имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных всех видов: бытовых, производственных и дождевых.

Во время сильных дождей часть смеси производственно-бытового и дождевого стока сбрасывается в водный поток через ливнеспуски.

2. **Раздельная система** водоотведения бывает полной и неполной. Полная раздельная система водоотведения имеет две закрытые водоотводящие сети, одна – для отведения бытовых и производственных стоков, вторая – для отвода дождевых сточных вод. Неполная раздельная система отличается от полной тем, что дождевые стоки отводятся открытой сетью, то есть уличными лотками, кюветами и канавами.

Дождевые сточные воды могут отводиться в водоем как без очистки, так и с очисткой

3. **Полураздельная система** водоотведения имеет две водоотводящие сети – производственно-бытовую и дождевую. В местах пересечения этих

сетей устраивают разделительные камеры, назначение которых состоит в том, чтобы сбрасывать в водоем во время сильных дождей избыточную часть дственно-бытовую сеть через разделительные камеры поступает только наиболее загрязненная часть ливневых сточных вод.

Комбинированная система водоотведения – это такая система, при которой населенный пункт в одной части оборудован общесплавной системой, а в другой – полной раздельной. Такие системы складываются исторически в развивающихся городах.

Бассейн водоотведения – это часть объекта водоотведения, ограниченная водоразделом или водоемом, вертикальной планировкой города или границами застройки, водоотведение с которой осуществляется системой самотечных трубопроводов.

Границы бассейна водоотведения, как правило, соответствуют линиям водоразделов. При плоском рельефе местности границы бассейнов назначают, исходя из условия возможно большего охвата территории самотечной сетью.

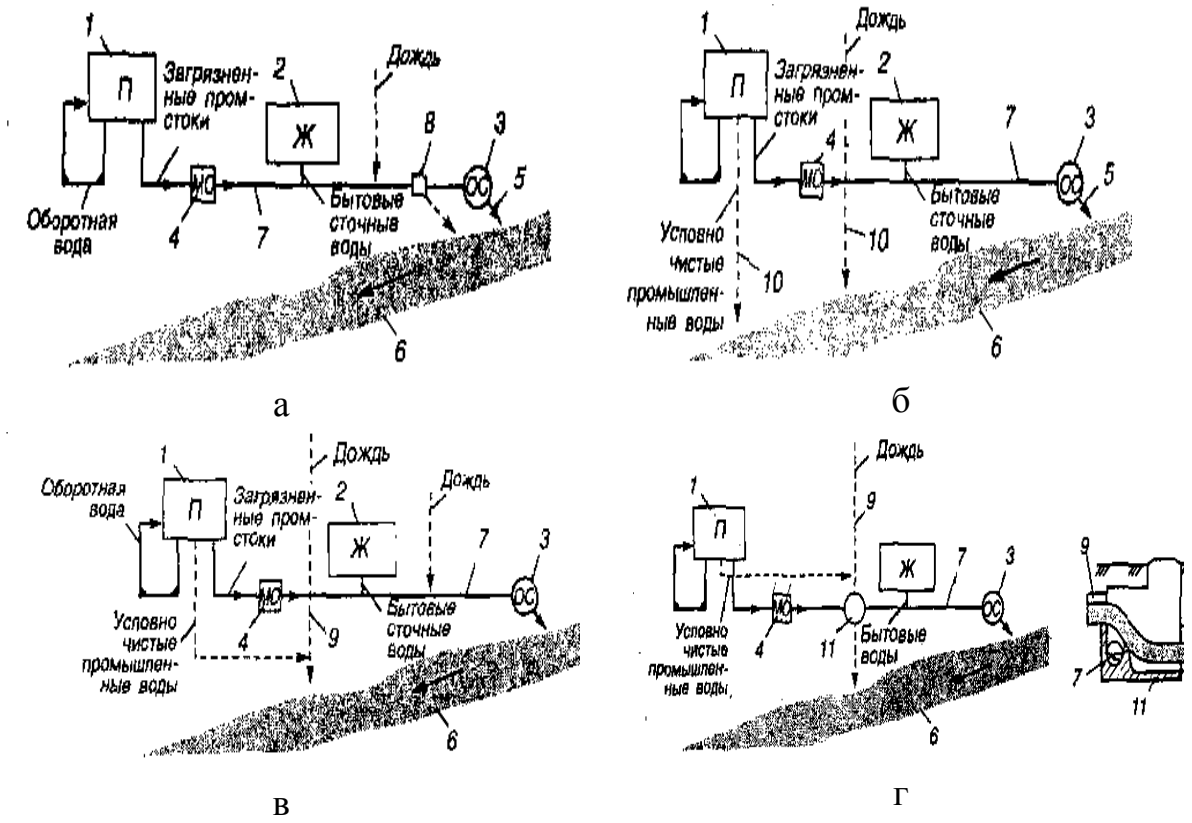


Рис. 2.1. Системы канализации городов:
а – общесплавная система, б – неполная раздельная система, в – полная раздельная система, г – полураздельная система
1 – промпредприятия (П); 2 – жилые и административные здания (Ж); 3 – очистные сооружения (Р.С.) 4 – местные очистные сооружения на промпредприятиях (МО); 5 – выпуск сточных вод в водоем; 6 – река; 7 – кол-

лектор хозяйственно-бытовой канализации; 8 – ливнеспуск; 9 – трубопровод производственно-дождевой сети; 10 – лотки; 11 – водосборная камера

2.2. Назначение и область применения сооружений на сетях

На водоотводящих сетях устраивают следующие основные типы сооружений:

1. **Смотровые колодцы** (камеры, шахты) – одни из основных конструктивных элементов водоотводящих сетей, которые устраиваются в местах присоединения трубопроводов, изменения их диаметров, глубины заложения и уклонов, а также на прямолинейных участках сети через определенные расстояния в зависимости от диаметра трубопроводов.

Различают линейные, узловые, поворотные, контрольные и другие типы смотровых колодцев, через которые производится наблюдение за работой сети и осуществляется профилактические мероприятия и ремонт.

2. **Перепадные колодцы** – специальные сопряжения трубопроводов, лежащих на разных глубинах.

3. **Дюкеры** и **самотечные переходы** – устраиваются при пересечении рек, оврагов и инженерных сооружений.

4. **Ливнеспуски** и **разделительные камеры** – имеются на сетях общесплавной и полураздельной систем водоотведения для сброса части дождевого стока в водоем.

5. **Регулирующие резервуары** – служат для сглаживания пиковых дождевых расходов.

6. **Сливные станции** и **пункты** – предусматриваются для приема жидких отбросов от неканализованных районов доставкой их ассенизационным транспортом.

7. **Насосные станции** – для перекачки жидкости на более высокие геодезические отметки.

8. **Выпуски** – служат для сброса стоков в водоемы.

В некоторых случаях на сетях могут применяться и другие сооружения специального назначения (снеготаялки, колодцы для сброса снега и т.д.).

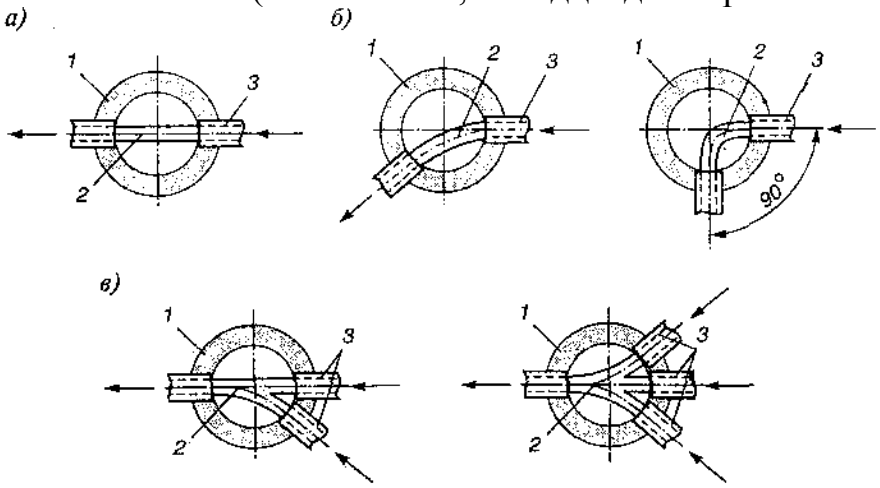


Рис. 2.3. Лотки смотровых колодцев:
а – линейные, б – поворотные, в – узловые;
1 – стенки колодцев; 2 – лотки; 3 – трубы

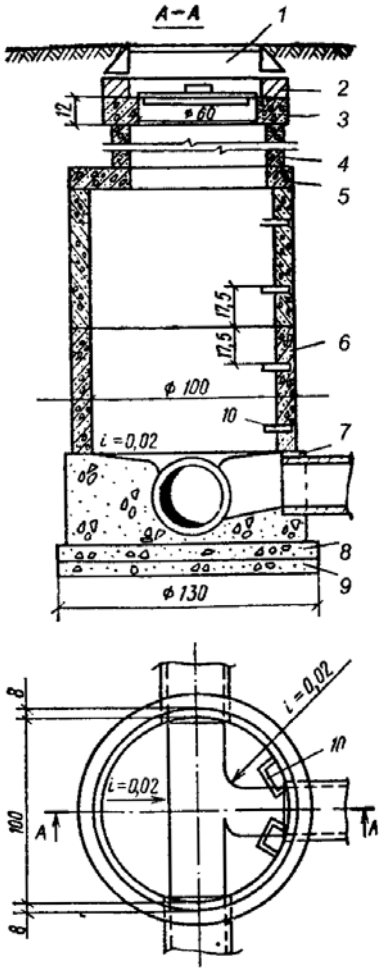


Рис. 2.2. Типовой колодец из стандартных железобетонных колец для уличной сети диаметром 150 – 600 мм:
1 – люк с крышкой; 2 – кирпичная кладка; 3 – опорное кольцо; 4 – плита; 5 – железобетонное кольцо; 6 – регулировочные камни или кирпичная кладка; 8 – плита; 9 – щебеночная подготовка; 10 – скобы

2.3. Принципы проектирования водоотводящей сети

В практике проектирования решаются две задачи: проектирование новых или расширение существующих систем водоотведения. Основным материалом для разработки проекта водоотводящей сети является проект районной планировки или проект планировки и застройки города. Для проектирования сети промышленного предприятия необходим генеральный план. Границы канализуемой территории в населенном пункте определяются обычно в пределах размещения застройки.

Проектирование начинается с разбивки территории города на бассейны водоотведения и выбора системы и схемы водоотведения. Затем определяется место расположения канализационных очистных сооружений и место выпуска очищенных стоков. Следующий этап – трассировка сети по бассейнам водоотведения. Для этого намечают трассу главного коллектора, трассы коллекторов бассейнов водоотведения, выявляют районы, для ко-

торых требуется перекачка стоков, выбирают площадки для размещения насосных станций и намечают принципиальную схему водоотведения.

Водоотводящие сети населенных мест и промышленных предприятий проектируются самотечными. Только при большом заглублении сети устраивают насосные станции, которые перекачивают сточные воды из глубоких коллекторов или на очистные сооружения или в коллекторы, имеющие более мелкое заложение.

Число насосных станций зависит от рельефа местности, гидрогеологических условий и других особенностей. В некоторых случаях при пересеченном рельефе местности оказывается целесообразным вместо устройства станций перекачки проложить тоннель небольшого протяжения, пересекающий местную возвышенность.

В крупных городах значительную сложность представляет собой реконструкция уже существующих систем водоотведения. По ряду технических, экологических и экономических причин в крупных городах часто бывает нерациональным проектировать самотечно-напорные схемы водоотведения с небольшим заглублением. Поэтому в этих случаях укладывают т.н. коллекторы глубокого заложения, которые находятся на глубине нескольких десятков метров в устойчивых и плотных грунтах. Такие коллекторы сооружают методом щитовой проходки, применяемой, например, для строительства метрополитена.

Трассировкой называют начертание водоотводящей сети на генеральном плане канализуемого объекта.

Трассировка начинается с проектирования главного и отводящего (загородного) коллекторов, которые обычно трассируют по тальвегам, по набережным рек и ручьев. При этом необходимо учитывать возможность присоединения коллекторов бассейна водоотведения без излишнего заглубления главного коллектора. Следует избегать прокладки длинных коллекторов с малым расходом стоков.

Коллекторы бассейна водоотведения трассируют на следующем этапе. При плоском рельефе местности эти коллекторы трассируют по возможности по середине бассейна.

В пределах застройки все коллекторы трассируют по городским проездам в зеленых или технических зонах. При этом необходимо максимально использовать естественный уклон местности и учитывать наиболее благоприятные геологические и гидрологические условия прокладки.

При проектировании обычно разрабатывают несколько возможных вариантов схем трассировки коллекторов и выбирают наиболее выгодный по технико-экономическим показателям при равноценности санитарно-технических показателей.

Уличную сеть трассируют по проездам и внутри кварталов по наикратчайшему направлению от водоразделов к тальвегам с уклоном, по возмож-

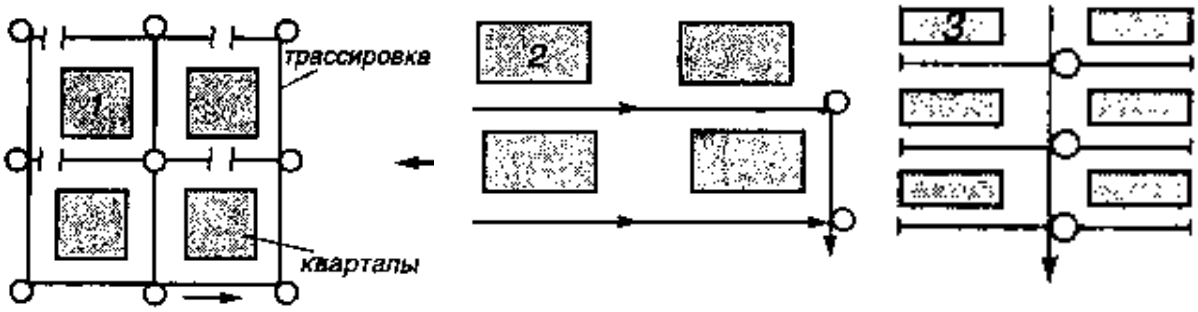
ности равным уклону поверхности. В этом случае глубина заложения сети существенно уменьшается.

Имеются три метода трассировки уличной водоотводящей сети:

1. **По объемлющей схеме**, при которой сеть трассируют по проездам, опоясывающим квартал со всех сторон. Этот метод применяют при плоском рельефе местности (уклон земли – до 0,007) и больших размерах кварталов.

2. **По пониженной грани**, при этом сеть прокладывают только по наиболее низким граням кварталов. Этот метод применяют при выраженном рельефе, с падением поверхности земли к одной или двум граням квартала (уклон более 0,008 – 0,01).

3. **Через квартальная** трассировка предполагает укладку труб по территории квартала.



а б в

Рис. 2.4. Схемы канализации уличных сетей
а – объемлющая; б – по пониженной стороне квартала;
в – через квартальная

Этот метод применяется, если имеется возможность прокладки водоотводящей сети внутри квартала. При этом получается более экономическое сочетание дворовой сети с уличной, длина ее сокращается на 30 – 40%, стоимость строительства снижается на 10 – 20%.

При небольших расходах и малых диаметрах сеть необходимо трассировать небольшими участками. Коллекторы большого сечения прокладывают с малыми уклонами и большой протяженности.

При *полной раздельной системе* водоотведения предусматривают прокладку по проездам двух сетей – дождевой и бытовой. *Дождевую сеть* трассируют так, чтобы расстояние от места выпуска сточных вод в ближайший водоем или тальвег было наименьшим. При *общесплавной системе* главный коллектор трассируют вдоль берега водоема или глубокого тальвега, в который может быть сброшена через ливнеспуски часть дождевого стока. При *полураздельной системе* трассировку бытовой сети необходимо предусматривать таким образом, чтобы коллекторы бассейна во-

доотведения и главный коллектор имели заглубление большее, чем дождевая сеть.

Для внутридворовой водоотводящей сети минимальная глубина заложения определяется по двум условиям:

1. $h'_{\min} = h_{\text{пром}} - a$,

где $h_{\text{пром}}$ – нормативная глубина промерзания грунта,

$a = 0{,}3$ м – для труб диаметром не более 500 мм,

$a = 0{,}5$ м – для труб больших диаметров.

2. $h''_{\min} = d + 0{,}7$,

где d – диаметр трубы, м.

Наибольшую из этих двух величин принимают за минимальную глубину заложения внутридворовой сети

Размещение водоотводящих сетей на плане и в поперечном профиле улиц

Водоотводящие сети различных систем в крупных городах при развитом подземном хозяйстве должны трассироваться с учетом других подземных сооружений. Кроме этого, также необходимо учитывать возможности размещения механизмов при строительно-монтажных работах.

Согласно требованиям СНиП [11] трассировку бытовой водоотводящей сети ведут параллельно «красным» линиям застройки, при этом сеть по возможности прокладывают в зеленых или технических зонах, т.е. вне территории проезжей части. На проездах шириной 30 метров и более допускается прокладывать 2 нитки трубопроводов по разным сторонам проезда. Дождевую сеть, наоборот, трассируют посередине проезда.

Для водопровода расстояние до водоотводящей сети (напорной и самотечной) принимается при диаметре водопровода до 200 мм – 1,5 м, при диаметре более 200 мм – не менее 3 м.

При очень развитом подземном хозяйстве под магистральными проездами все инженерные сети, кроме газопроводов, прокладывают в общих коллекторах – туннелях.

Кроме трассировки в плане, водоотводящие сети необходимо зонировать и по глубине заложения. При подземной прокладке подземные сети должны быть уложены на наименьшей технически оправданной глубине. В плане сети желательно укладывать от оси застройки к оси проезжей части по возрастающей глубине.

2.4. Нормы водоотведения и режим поступления сточных вод

Плотность населения и расчетное население

Расчетное население – это число жителей, которое будет проживать в городе или населенном пункте к концу расчетного периода.

Расчетный период – промежуток времени, в продолжение которого водоотводящая сеть будет иметь необходимую пропускную способность, и удовлетворять своему назначению без реконструкции. Для городов и населенных пунктов он составляет 20 – 25 лет, а для промышленных предприятий – это расчетный срок работы на полную производительность.

Расчетное население определяется по плотности населения, т.е. числу жителей на 1 га канализуемой территории. Различают два вида плотности населения:

1. Плотность населения по селитебельной территории p_c – средняя плотность по всей территории, на которой проживает население.

2. Плотность населения жилого квартала или микрорайона $p_к$ – плотность, при которой учитывается площадь застройки только отдельных кварталов.

Плотность населения зависит от этажности зданий, нормы жилой площади и др. параметров. Расчетное население определяется по формуле:

$$N_p = \Sigma pF\beta, \qquad (2.1)$$

где p – плотность населения;

F – площадь территории с одинаковой плотностью населения;

β – коэффициент обслуживания водоотводящей сетью.

Практикой установлено, что количество отводимых сточных вод приближенно равно количеству расходуемой воды.

Удельным водоотведением (или **нормой водоотведения**) называется среднесуточное (за год) количество воды, расходуемое на 1 жителя, пользующегося системой водоотведения (л/сут·ч). На промышленных предприятиях удельным водоотведением называется количество сточных вод, образующееся при выпуске единицы продукции.

Считается, что удельное водоотведение равно удельному водопотреблению, поэтому величина удельного водоотведения принимается по СНиП 2.04.02-84 [8] в зависимости от степени благоустройства районов и местных условий. В эту норму входит:

1. Количество воды, потребляемое в быту;

2. Количество воды, потребляемое на коммунальных предприятиях.

Исключения составляют: больницы, санатории, дома отдыха, гостиницы, гаражи и промышленные предприятия. В неканализованных районах удельное водоотведение принимается из расчета 25 л/сут на 1 жителя.

На промышленных предприятиях различают удельное водоотведение бытовых сточных вод, которое равно 45 л/смену для горячих цехов (с тепловыделением более 80 кДж/ч на 1 м^3) и 25 л/смену – для холодных, а также водоотведение душевых стоков – 500 л/смену при продолжительности 45 минут.

Неучтенные расходы допускается принимать в размере 5% от суммарного среднесуточного водоотведения населенного пункта.

Водоотведение стоков, как и водопотребление, в течение времени происходит неравномерно. Различают неравномерность суточного и часового водоотведения, которые характеризуют коэффициентами неравномерности:

1. **Коэффициент суточной неравномерности** – это отношение максимального суточного расхода Q_{max} к среднесуточному расходу Q_{mid} (за год):

$K_1 = Q_{max}/Q_{mid}$.

2. **Коэффициент часовой неравномерности** – отношение максимального часового расхода $q_{max(m)}$ к среднему часовому расходу $q_{mid(m)}$ в сутки максимального водоотведения:

$K_2 = q_{max(m)}/q_{mid(m)}$.

3. **Общий максимальный коэффициент неравномерности** – произведение первых двух:

$K_{gen.max} = K_1K_2$.

Расчетные расходы сточных вод

Важной задачей при проектировании и реконструкции водоотводящих сетей является определение расчетных расходов сточных вод.

Расчетный расход – это максимальный расход сточных вод, пропуск которого должны обеспечить водоотводящие сооружения на расчетный период.

Расчетные расходы бывают суточными, часовыми и секундными. Суточные и часовые наиболее часто выражаются в м^3, а секундные – в литрах.

1. Общие расходы определяются по формулам:

а. Средний суточный (Q_{mid}, м^3/сут):

$$Q_{mid} = Nq_н/1000,$$

где N – число жителей, $q_н$ – удельное водоотведение, л/сут·ч.

б. Максимальный суточный (Q_{max}, м^3/сут):

$$Q_{max} = Nq_нK_1/1000,$$

где K_1 – коэффициент суточной неравномерности, K_1 = 1,1 – 1,3.

в. Максимальный часовой ($q_{max\ ч}$, м^3/ч):

$$q_{max\ ч} = Nq_нK_2/1000,$$

где K_2 – коэффициент часовой неравномерности, $K_2 = q_{max\ ч}/q_{mid\ ч}$.

г. Максимальный секундный ($q_{max\ c}$, л/с):

$$q_{max\ c} = Nq_н\ K_{gen.max}\ /1000,$$

где $K_{gen.max}$ – общий максимальный коэффициент неравномерности, $K_{gen.max}$ представлен в табл.2.1 [7].

Таблица 2.1

Общие коэффициенты неравномерности притока бытовых вод от города

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

Примечание:

1. Общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод допускается принимать при количестве производственных сточных вод, не превышающих 45 % общего расхода.
2. При средних расходах сточных вод менее 5 л/с расчетные расходы надлежит определять по СНиП 2.04.01-85*[13].
3. При промежуточных значениях секундного расхода сточных вод общие коэффициенты неравномерности следует определять интерполяцией.

Расчетные участки и расходы сточных вод на них

После трассировки сети ее разбивают на расчетные участки для последующего расчета.

Расчетный участок – это участок водоотводящей сети между двумя точками (колодцами), на котором расход сточных вод постоянен. Длину расчетного участка принимают равной длине квартала или от одного бокового присоединения до другого.

Полный расход на расчетном участке складывается из следующих расходов:

1. Попутный или путевой расход $q_{поп}$ – расход, поступающий в участок от жилой застройки, примыкающей к участку.

2. Боковой расход $q_{бок}$ – расход сточных вод, поступающих в участок от боковых присоединений.

3. Транзитный расход $q_{тр}$ – расход, поступающий в участок от выше расположенных участков.

4. Сосредоточенный расход $q_{соср}$ – расход, поступающий в участок от крупных потребителей воды (например, от коммунально-бытовых предприятий, промышленных предприятий и т.д.).

Тогда суммарный расход $q_{расч}$ на участке выразится следующей формулой:

$$q_{расч} = q_{поп} + q_{бок} + q_{тр} + q_{соср}, \qquad (2.2)$$

Попутный расход является переменным по длине расчетного участка. Поэтому для упрощения расчетов условно считают, что попутный расход от жилых кварталов поступает в начало участка.

Определение начальной глубины заложения трубопроводов

Начальная глубина заложения уличной водоотводящей сети значительно влияет на объем работ и стоимость ее строительства. Поэтому выбору минимальной начальной глубины заложения сети следует уделять большое внимание.

Наименьшую глубину заложения принимают, исходя из опыта эксплуатации ранее построенных сетей водоотведения в данном районе. При отсутствии этого опыта глубину можно рассчитывать по условию:

$h_{min} = h_{пр} - (0{,}3\ldots0{,}5) \geq 0{,}7 + D$,

где $h_{пр}$ – нормативная глубина промерзания грунта, м (СНиП 2.01.02-82 «Строительная климатология и геофизика»),

D – диаметр трубы, м.

Формула для расчета начальной глубины H в этом случае будет выглядеть так:

$$H = h + i(L+l) + (Z_1 - Z_2) + \Delta,$$

где h – минимальная глубина в наиболее удаленном или невыгодно расположенном колодце во дворе,

L – длина дворовой или внутриквартальной водоотводящей ветки до красной линии застройки,

l – расстояние от красной линии до линии уличной сети,

i – минимальный уклон дворовой сети, принимаемый для труб d = 150 мм – 0,008, для труб d = 200 мм – 0,007,

Z_1 и Z_2 – отметки поверхности земли соответственно у колодца уличной сети и у удаленного колодца,

Δ – перепад между дном труб дворовой линии и дном уличной сети.

Максимальная глубина заложения определяется, исходя из характеристики грунтов, экономических и технических условий строительства. Обычно в слабых грунтах с высоким уровнем грунтовых вод заглубление бытовой сети допускают до 5,5 – 6 м, а в суглинках и глинах – 7,5 – 8 м и более.

2.5. Дождевая водоотводящая сеть

Дождевая водоотводящая сеть предназначена для своевременного и достаточно быстрого отвода выпавших на территории населенного пункта или промышленного предприятия осадков, талых вод и вод от поливки улиц. Устройство водосточной сети предотвращает подъем уровня грунтовых вод в населенных пунктах, что имеет немаловажное значение для благоустройства.

Начертание дождевой (водосточной) сети в плане зависит от:

– рельефа местности;

– размера территории;

– расположения подземных коммуникаций.

Наружную дождевую сеть устраивают открытого, закрытого и смешанного типа [10]:

– в сети открытого типа дождевые воды отводят с помощью открытых канав и лотков;

– в закрытых сетях дождевая вода, стекающая по поверхности, собирается водоотводными лотками, входящими в конструкцию городских дорог и тротуаров, и через дождеприемные колодцы поступает в сеть подземных трубопроводов, по которой сплавляется до очистных сооружений; водосточные сети второго типа получили в современных городах наибольшее распространение, так как являются наиболее совершенными;

– в сетях смешанного типа часть элементов открытой сети заменяется закрытыми подземными трубопроводами (рис. 2.4).

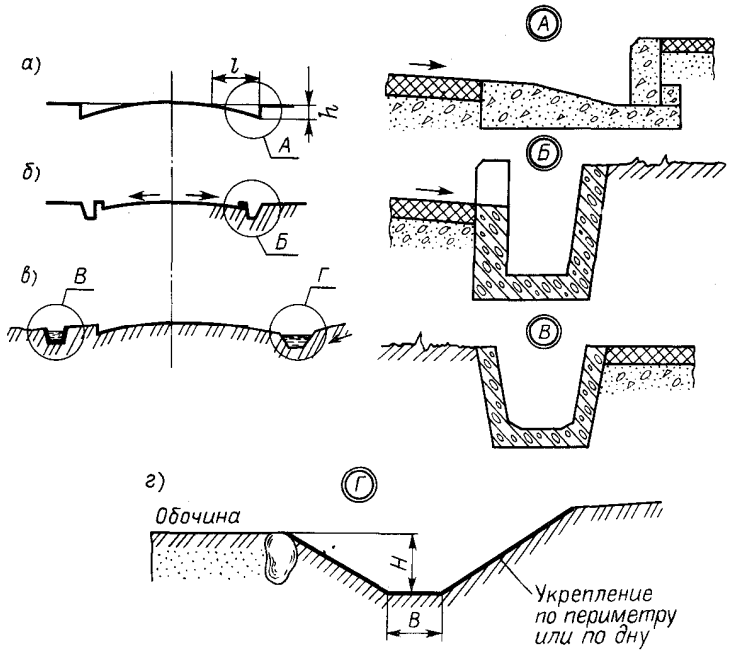


Рис. 2.4. Типы открытых дождевых сетей:

а – борт-лоток бетонный треугольный; б – борт-лоток армированный прямоугольный; в – борт-лоток армированный трапецеидальный; г – кювет мощеный или одернованный

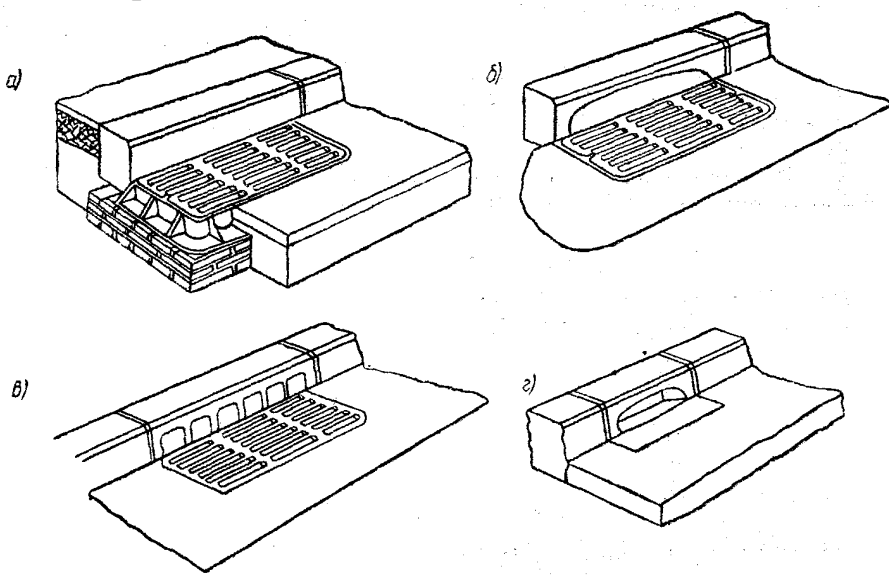


Рис. 2.5. Дождеприемные решетки:

а – чугунная нормального типа; б – чугунная нормального типа с приемным отверстием в железобетонном борту; в – чугунная нормального типа с дополнительной чугунной приставкой (бортом); г – приемное отверстие борта без решетки.

Во всех типах сети отвод дождевых вод, как правило, производится самотеком. К перекачке дождевых вод прибегают в редких случаях, при особо неблагоприятных условиях рельефа местности.

Дождевые воды, стекающие с поверхности земли, поступают в закрытую водосточную сеть через дождеприемный колодец (рис. 2.6).

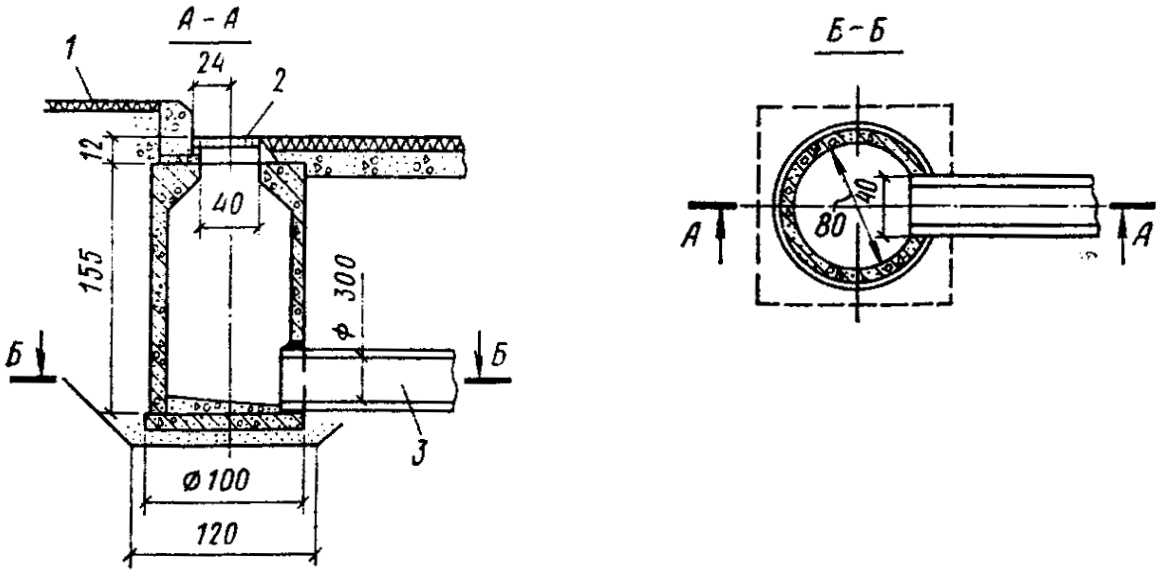


Рис. 2.6. Дождеприемный колодец из сборных железобетонных элементов: 1 – тротуар (проезжая часть); 2 – дождеприемная решетка; 3 – соединительная ветка

Размещение дождеприемников предусматривается во всех пониженных местах, а также у перекрестков перед организованными пешеходными переходами. Расстояние между дождеприемниками принимается в зависимости от уклона улиц от 50 до 80 м друг от друга (при ширине улиц до 30 м и условии, что в дождеприемники не поступают дождевые воды с территории кварталов). При отводе дождевых вод с внутренней стороны квартала расстояние между дождеприемниками принимается по расчету.

При ширине проезда до 30 м подземная водосточная сеть проходит по его середине. При большей ширине проезда водосток можно прокладывать в две линии по обеим его сторонам.

Колодцы дождеприемников диаметром 700 и 1000 мм обычно сооружают с решетками в плоскости проезжей части или с боковым приемом воды. При больших уклонах улиц и проездов предусматривается конструкция колодца с двумя решетками.

Колодцы выполняются из железобетона, решетки дождеприемников прямоугольной или круглой формы – из чугуна. Прозоры решеток принимаются не более 50 мм.

Длина присоединения от дождеприемника до смотрового колодца на коллекторе должна быть не более 40 м, минимальный диаметр труб 200 мм.

На одном присоединении может быть несколько дождеприемников. К дождеприемникам допускается присоединять водосточные трубы зданий и дренажные трубопроводы.

2.5.1. Определение расчетных расходов дождевой воды

Расходы дождевых вод q_r, л/с, следует определять по методу предельных интенсивностей по формуле:

$$q_r = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \qquad (2.3)$$

где Z_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока, определяемое согласно п. 2.17 [7];

A, *n* – параметры, определяемые согласно п. 2.12 [7];

F – расчетная площадь стога, га, определяемая согласно п. 2.14 [7];

t_r – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин, и определяемая согласно п. 2.15 [7].

Параметры A и *n* надлежит определять по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в данном конкретном пункте. При отсутствии данных допускается параметр A определять по формуле:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left\{ 1 + \frac{lqP}{lqm_r} \right\}^{\gamma}, \qquad (2.4)$$

где q_{20} – интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин при P=1 год, определяемая по черт 1 [7];

n – показатель степени, определяемый по табл. 4 [7];

m_r – среднее количество дождей за год, принимаемое по табл. 4 [7];

P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, принимаемый по п. 2.13 [7];

γ – показатель степени, принимаемый по табл. 4 [7].

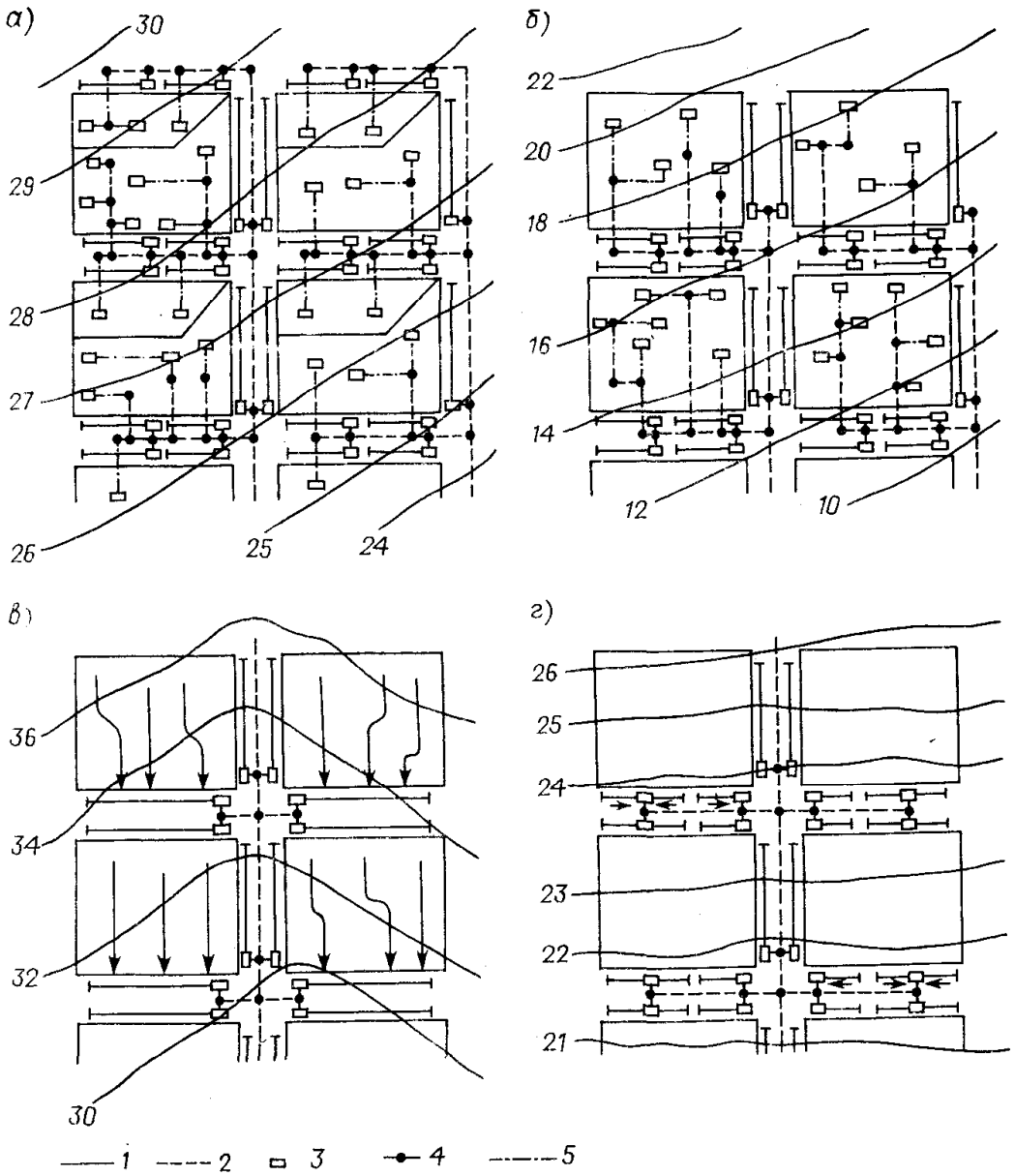


Рис. 2.7. Схемы расположения дождеприемников

а – внутри кварталов с трассированием по объемлющим квартал линиям; б – то же с трассированием по пониженной грани; в – только на уличных проездах с едиными лотками по всей длине квартала; г – то же, с рядом лотков по длине квартала; 1 – уличные лотки; 2 – закрытые трубопроводы; 3 – дождеприемники; 4 – колодцы; 5 – присоединительные ветви.

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя необходимо выбирать в зависимости от характера объекта канализирования, условий расположения коллектора с учетом последствий, которые могут быть вызваны выпадением дождей, превышающих расчетные, и принимать по табл. 5 и 6 [7] или определять расчетом в зависимости от условий расположения коллектора, интенсивности дождей, площади бассейна и коэффициента стока по предельному периоду превышения.

Расчетную площадь стока для рассчитываемого участка сети необходимо принимать равной всей площади стока или части ее, дающей максимальный расход стока.

Расчетную продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам следует принимать по формуле:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \tag{2.5}$$

где t_{con} – продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора (время поверхностной концентрации), мин, определяемое согласно п. 2.16 [5].

Время поверхностной концентрации дождевого стока (t_{con}) следует определять по расчету или принимать в населенных пунктах при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей равным 5 – 120 мин или при наличии их равным 2 – 3 мин.

Продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам (t_{can}), мин, следует определять по формуле

$$t_{can} = 0{,}021\ \Sigma \frac{l_{can}}{\upsilon_{can}}, \tag{2.6}$$

где l_{can} – длина участков лотков, м;

υ_{can} – расчетная скорость течения на участке, м/с

Продолжительность протекания дождевых вод (t_p) по трубам до рассчитываемого сечения следует определять по формуле:

$$t_p = 0{,}017\ \Sigma \frac{l_p}{\upsilon_p}, \tag{2.7}$$

где l_p – длина расчетных участков коллектора, м;

υ_p – расчетная скорость течения на участке, м/с.

Среднее значение коэффициента стока Z_{mid} следует определять как средневзвешенную величину в зависимости от коэффициентов Z, характеризующих поверхность и принимаемых по табл. 9 и 10 [7].

2.5.2 Расчет сети

К расчету сети можно перейти после окончания всей подготовительной работы, заключающейся в трассировке сети, определении расчетных участков, нахождении их площадей водосбора, определении коэффициента покрова, выборе расчетных формул.

Определив расчетные расходы, подбирают диаметр трубопроводов по методике, применяемой при расчете бытовой канализации.

2.5.3. Начертание дождевой сети в плане

Трассировку дождевой сети в основном следует производить в соответствии с указаниями, относящимися к бытовой канализации, с учетом, однако, специфических особенностей работы дождевой канализации. Начертание последней в плане определяется рельефом местности, размером территории, схемой планировки, насыщенностью территории подземными трубопроводами.

В целях уменьшения размеров каналов подземная водосточная сеть должна иметь выпуски в ближайшие водоемы, тальвеги и овраги.

Трасса водостока на проезде должна быть расположена по возможности прямолинейно, параллельно красным линиям, с минимальным числом пересечений с другими подземными сооружениями.

Продольные профили дождевой сети составляются по такому же образцу, как и профили бытовой канализации.

Дождеприемники предназначены для приема воды в сеть дождевой канализации. В зависимости от места установки дождеприемники проектируются в двух вариантах:

– нормального типа – для приема воды с улиц и площадей застроенных территорий;

– паркового типа – для приема воды с территории парков, скверов, бульваров.

Дно дождеприемника выполняется с плавным очертанием без приямка для осадка. Приямки устраивают при присоединении дождеприемников к коллектору со скоростью течения воды до 0,8 м/с, а также при присоединении канав к закрытой сети и в местах загрязнения поверхности водосбора. Диаметр трубопровода присоединения в последнем случае должен быть не менее 250 мм.

2.5.4. Выпуск дождевых вод

Выпуски сточных вод классифицируются по типу водоема или водотока (речные, озерные, морские), по месту расположения (береговые, русловые, глубинные) и по конструкции (сосредоточенные и рассеивающие). Береговые сосредоточенные выпуски выполняются в виде открытых каналов, быстротоков, консольных сбросов, оголовков различных конструкций. При использовании береговых выпусков разбавление происходит не эффективно, так как в месте выпуска оно практически отсутствует, а дальнейшее разбавление протекает весьма медленно из-за малых скоростей движения воды в водоеме у берега и малых глубин. В связи с этим береговые выпус-

ки рекомендуется применять в основном только для сброса дождевых и условно чистых вод.

Русловые выпуски представляют собой трубопровод, выдвинутый в русло реки и оканчивающийся затопленным оголовком или участком трубы с отверстиями. Насадки или отверстия рассеивающего выпуска обычно располагаются на равных расстояниях друг от друга.

При проектировании подводного трубопровода следует стремиться сохранить естественный рельеф дна. Глубина заложения труб выпуска диктуется величиной возможного размыва дна и условиями устойчивости выпуска (рис. 2.8).

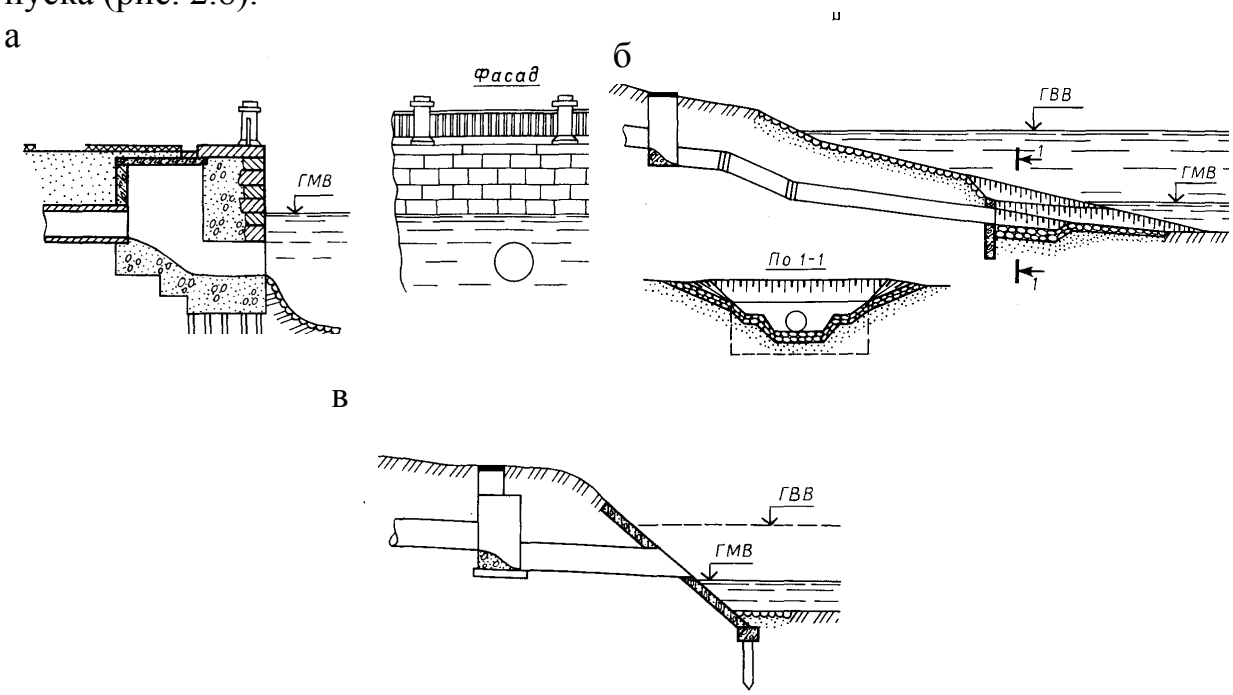


Рис. 2.8. Схемы выпусков поверхностных вод в водотоки
а – выпуск затопленный при наличии укрепляемой набережной;
б – то же, затопленный при отсутствии набережной;
в – то же, незатопленный с откосом, укрепленным железобетонной плитой

3. РАЗМЕЩЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ

Инженерные подземные сети населенных мест надлежит проектировать как комплексное хозяйство, объединяющее все подземные сети [11].

Размещение магистральных подземных сетей на территории населенных мест следует производить, как правило, по улицам и проездам, для чего необходимо в поперечных профилях улиц и проездов предусматривать места для укладки подземных сетей и устройства сооружений преимущественно в выделяемых для этого технических полосах. Самотечные подземные сети (водостоки, канализацию, дренаж) допускается укладывать

под проезжей частью улиц, с прокладкой этих сетей до устройства дорожных покрытий.

Инженерные сети следует размещать преимущественно в пределах поперечных профилей улиц и дорог: под тротуарами или разделительными полосами — инженерные сети в коллекторах, каналах или тоннелях, в разделительных полосах — тепловые сети, водопровод, газопровод, хозяйственную и дождевую канализацию [11].

На полосе между красной линией и линией застройки следует размещать газовые низкого давления и кабельные сети (силовые, связи, сигнализации и диспетчеризации).

При ширине проезжей части более 22 м следует предусматривать размещение сетей водопровода по обеим сторонам улиц.

При реконструкции проезжих частей улиц и дорог с устройством дорожных капитальных покрытий, под которыми расположены подземные инженерные сети, следует предусматривать вынос этих сетей на разделительные полосы и под тротуары. При соответствующем обосновании допускаются под проезжими частями улиц сохранение существующих, а также прокладка в каналах и тоннелях новых сетей. На существующих улицах, не имеющих разделительных полос, допускается размещение новых инженерных сетей под проезжей частью при условии размещения их в тоннелях или каналах; при технической необходимости допускается прокладка газопровода под проезжими частями улиц.

Прокладку подземных инженерных сетей следует, как правило, предусматривать: совмещенную в общих траншеях: в тоннелях – при необходимости одновременного размещения тепловых сетей диаметром от 500 до 900 мм, водопровода до 500 мм, свыше десяти кабелей связи и десяти силовых кабелей напряжением до 10 кВ, при реконструкции магистральных улиц и районов исторической застройки, при недостатке места в поперечном профиле улиц для размещения сетей в траншеях, на пересечениях с магистральными улицами и железнодорожными путями. В тоннелях допускается также прокладка воздуховодов, напорной канализации и других инженерных сетей. Совместная прокладка газо- и трубопроводов, транспортирующих легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, с кабельными линиями не допускается.

В районах распространения вечномерзлых грунтов при осуществлении строительства инженерных сетей с сохранением грунтов в мерзлом состоянии следует предусматривать размещение теплопроводов в каналах или тоннелях независимо от их диаметра.

Расстояния по горизонтали (в свету) от ближайших подземных инженерных сетей до зданий и сооружений следует принимать по табл. 3.1.

Расстояния по горизонтали (в свету) между соседними инженерными подземными сетями при их параллельном размещении следует принимать по табл. 15, а на вводах инженерных сетей в зданиях сельских поселений –

не менее 0,5 м. При разнице в глубине заложения смежных трубопроводов свыше 0,4 м расстояния, указанные в табл. 3.2, следует увеличивать с учетом крутизны откосов траншей, но не менее глубины траншеи до подошвы насыпи и бровки выемки.

При пересечении инженерных сетей между собой расстояния по вертикали (в свету) следует принимать в соответствии с требованиями СНиП II-89-80* [15].

Указанные в табл. 3.1 и 3.2 расстояния допускается уменьшать при выполнении соответствующих технических мероприятий, обеспечивающих требования безопасности и надежности.

При параллельной прокладке нескольких линий водопровода расстояние между ними следует принимать в зависимости от технических и инженерно-геологических условий в соответствии со СНиП 2.04.02-84*[8].

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

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

Таблица 3.1

Расстояния по горизонтали (в свету) от ближайших подземных инженерных сетей до зданий и сооружений

Инженерные сети	Расстояние, м, по горизонтали (в свету) от подземных сетей до							
	фундаментов зданий и сооружений	фундаментов ограждений предприятий, эстакад, опор контактной сети и связи, железных дорог	оси крайнего пути	бортового камня улицы, дороги (кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины)	наружной бровки кювета или подошвы насыпи дороги	фундаментов опор воздушных линий электропередачи напряжением		
			железных дорог колеи 1250 мм (750 мм) и трамвая			до 1 кВ наружного освещения, контактной сети трамваев и троллейбусов	св. 1 до 35 кВ	св. 35 до 110 кВ и выше
Водопровод и напорная канализация	5	3	4 (2,8)	2	1	1	2	3
Самотечная канализация (бытовая и дождевая)	3	1,5	4 (2,8)	1,5	1	1	2	3
Дренаж	3	1	4 (2,8)	1,5	1	1	2	3
Сопутствующий дренаж	0,4	0,4	0,4 (0)	0,4	-	-	-	-
Каналы, коммуникационные тоннели	2	1,5	4 (2,8)	1,5	1	1	2	3*

Таблица 3.2

Расстояние по горизонтали от ближайших подземных инженерных сетей

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

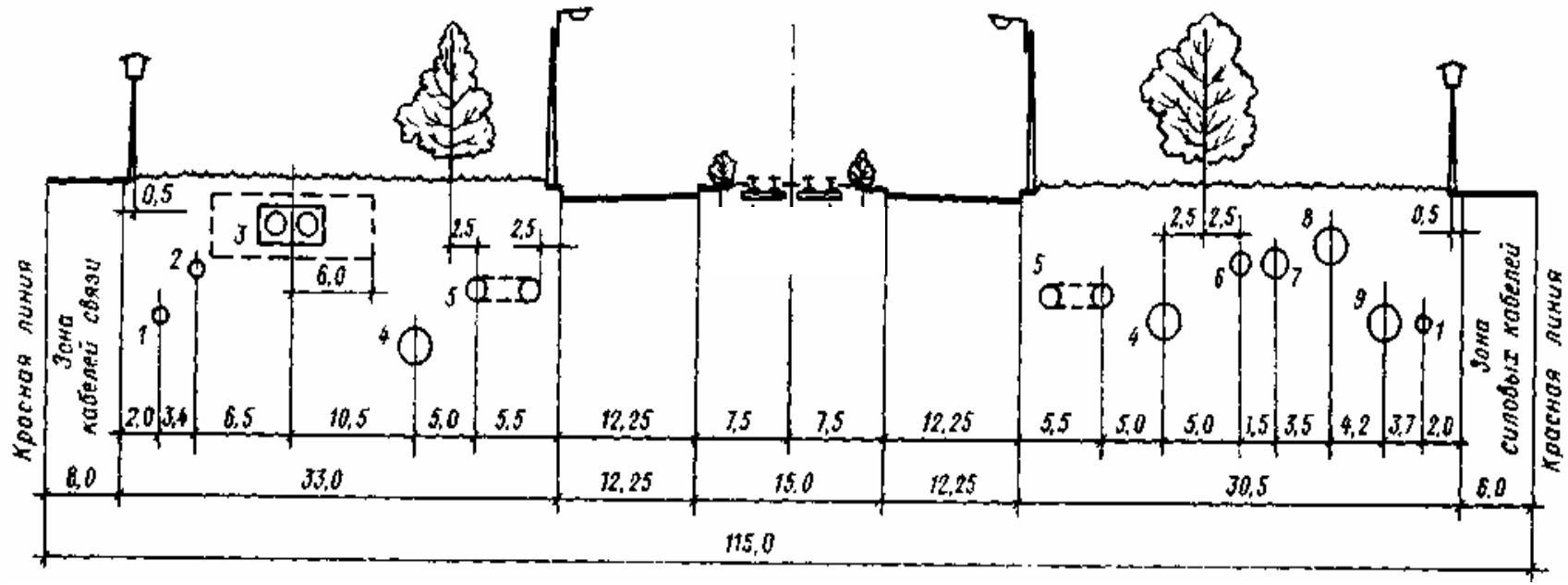


Рис. 3.1. Расположение инженерных сетей на магистральных улицах с трамвайной полосой:
1 – сборные трубопроводы ливневой канализации; 2 – производственный водопровод; 3 – теплопровод;
4 – магистральная линия ливневой канализации; 5 – распределительная сеть водопровода;
6 – газопровод среднего давления; 7 – газопровод высокого давления; 8 – магистральный водопровод;
9 – хозяйственно-бытовая канализация

а

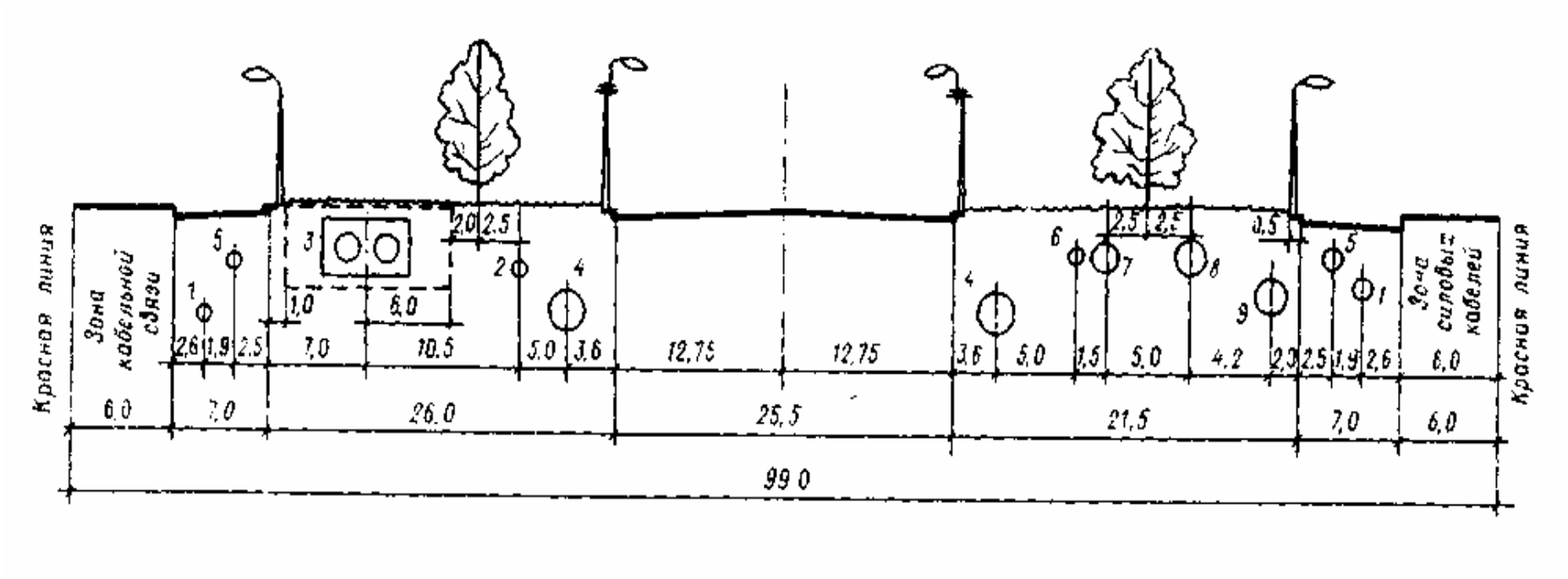


Рис. 3.2. Расположение инженерных сетей на магистральных улицах районного значения без местного проезда (а)

1 – сборные трубопроводы ливневой канализации; 2 – производственный водопровод; 3 – теплопровод; 4 – магистральная линия ливневой канализации; 5 – распределительная сеть водопровода; 6 – газопровод среднего давления; 7 – газопровод высокого давления; 8 – магистральный водопровод; 9 – хозяйственно-бытовая канализация

б

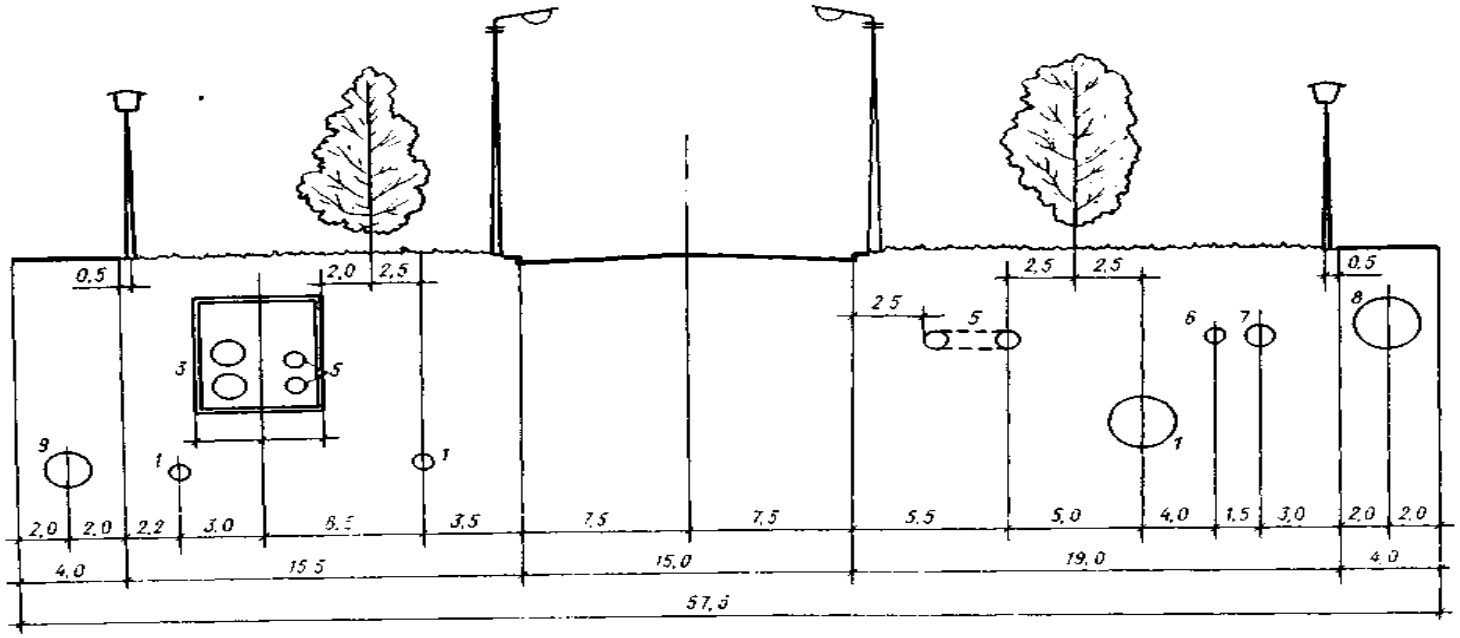


Рис. 3.2. Расположение инженерных сетей на магистральных улицах районного значения без местного проезда (б)

1 – сборные трубопроводы ливневой канализации; 2 – производственный водопровод; 3 – теплопровод; 4 – магистральная линия ливневой канализации; 5 – распределительная сеть водопровода; 6 – газопровод среднего давления; 7 – газопровод высокого давления; 8 – магистральный водопровод; 9 – хозяйственно-бытовая канализация

Кроме трассировки в плане, водоотводящие сети необходимо зонировать и по глубине заложения. При подземной прокладке подземные сети должны быть уложены на наименьшей технически оправданной глубине. В плане сети желательно укладывать от оси застройки к оси проезжей части по возрастающей глубине (рис. 3.3).

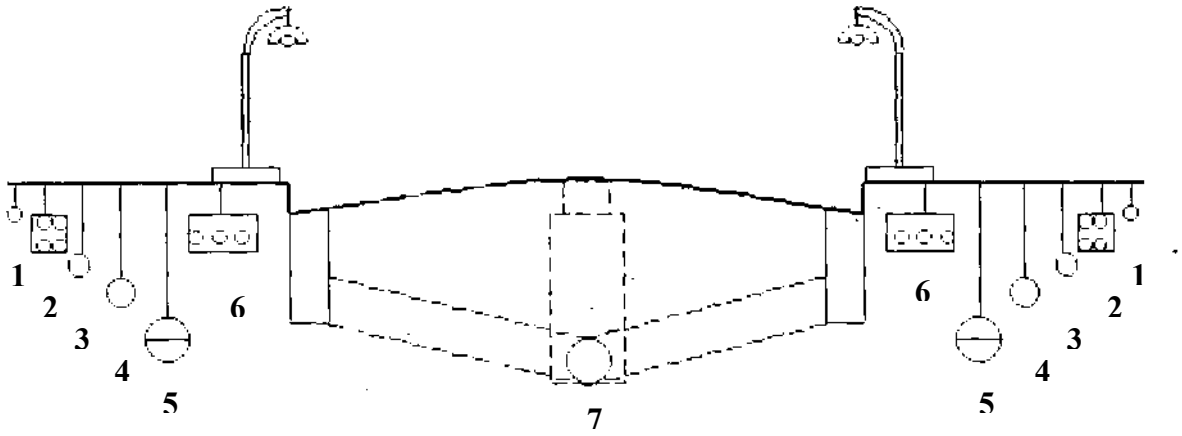


Рис. 3.3. Размещение подземных сетей в профиле улицы
1 – электрокабель, 2 – телефонный кабель, 3 – газопровод, 4 – водопровод, 5 – бытовая водоотводящая сеть, 6 – тепловая сеть, 7 – дождевая водоотводящая сеть

ПРИЛОЖЕНИЕ

Примеры расчета инженерных сетей

Пример № 1

Определить потребление воды в населенном пункте, определить суточные, часовые и расчетные расходы воды. Наметить в плане водопроводную сеть, очистных сооружений. Выполнить гидравлический расчет водовода, построить продольный профиль.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Расчетное число жителей в населенном пункте ($N_{ж}$) – 10000 чел.
2. Степень санитарно-технического благоустройства зданий – внутренний водопровод и канализация с централизованным горячим водоснабжение.
3. Этажность зданий – 5 этажей.
4. Источник водоснабжения – поверхностный водоем
5. Промышленное предприятие – машиностроительный завод.

Общий расход воды на нужды населения пропорционален числу жителей в населенном пункте, для которого строится система водоснабжения, а также расходу воды на хозяйственно-питьевые нужды, приходящемуся на одного жителя, т.е. норме водопотребления.

Норма водопотребления зависит от характера санитарно-технического оборудования зданий и местных климатических условий. Она учитывает расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях.

Для районов застройки зданиями, в которых водопользование осуществляется из водоразборных колонок, среднесуточная (за год) норма водопотребления на одного жителя принимается 30 – 50 л/сут.

Выбор нормы водопотребления в указанных диапазонах производится с учетом природно-климатических условий, мощности источника водоснабжения, этажности застройки, уклада жизни населения и других местных условий.

Для определения общего расхода воды в населенном пункте на хозяйственно-питьевые нужды необходимо дополнительно учитывать расходование воды рабочими в период их пребывания на производстве: в цехах со значительным тепловыделением – 45 л, а в остальных цехах – 25 л на каждого рабочего в смену.

Если на благоустройство территории населенных пунктов и промышленных предприятий (поливка и мойка покрытий проездов и площадей, поливка зеленых насаждений, газонов и цветников) используется вода из централизованной системы водоснабжения, то необходим ее учет.

Таким образом, общее водопотребление в населенном пункте составит

$$Q_{сут} = Q_{х/п} + Q_{пром} + Q_{пож} + Q_{пол}$$

В соответствии с действующим СНиП расчетные среднесуточные расходы на хозяйственно-питьевые нужды на одного жителя для зданий с централизованным горячим водоснабжением принято 300 л/сут на человека (табл. 1.1).

Гидравлический расчет водопроводной сети объединенного водопровода осуществляют при двух режимах ее работы:

1. при максимальном часовом расходе воды в сутки наибольшего воодоптребления;

2. при пропуске противопожарного расхода воды в час максимального расхода в сутки наибольшего водопотребления.

1. Хозяйственно-питьевое водоснабжение населенного пункта

Согласно генплану площадь жилой застройки (F) составляет 100 га. В соответствии с расчетным числом жителей плотность населения составит

$$P = \frac{N_{ж}}{F} = \frac{10000}{100} = 100 \text{ чел/га.}$$

Расчетный среднесуточный расход воды составит

$$Q_{сут} = q_{ср} \cdot N_{ж} = \frac{\sum(q_{ж} \cdot N_{ж})}{1000} = \frac{300 \cdot 10000}{1000} = 3000 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

Хозяйственно-питьевое водоснабжение неравномерно как по часам суток, так и по суткам.

Расход водопотребления ведется по суткам с максимальным водопотреблением ($K_{сут\ макс}$=1,1 – 1,3; с увеличением степени благоустройства коэффициент суточной неравномерности уменьшается, принят $K_{сут\ макс}$ = 1,2):

$$Q_{сут.пах} = K_{сут.\max} \cdot Q_{сут.} = 1{,}2 \cdot 3000 = 3600 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

С учетом количества воды на нужды промышленности, обслуживающей население, и других неучтенных расходов (дополнительно 10 – 20 % суммарного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населенного пункта [8, п.2.1.]) расчетный расход в сутки наибольшего водопотребления составит

$$Q'_{суу.\max} = Q_{сут.\max.} + 0{,}1 \cdot Q_{сут.\max} = 3600 + 0{,}1 \cdot 3600 = 3600 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

Расчетный часовой расход $q_{max,ч}$, м^3/час,

$$q_{\max,ч} = \frac{K_{\max,ч} \cdot Q_{сут.,\max}}{24},$$

где $K_{макс,ч}$ – коэффициент часовой неравномерности, равный

$$K_{макс,ч} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max},$$

где $\alpha_{\max}$ – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимается $\alpha_{\max}$ = 1,2 – 1,4 [8], принимается $\alpha_{\max}$ = 1,3.

$\beta_{\max}$ – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте [8].

Таблица П1

Коэффициент, учитывающий число жителей [8]

Коэффициент	Число жителей, тыс. чел							
	до 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5
β_{max}	4,5	4	3,5	3	2,5	2,2	2	1,8
β_{min}	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1

Продолжение табл.П1

Коэффициент	Число жителей, тыс. чел								
	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
β_{max}	1,6	1.5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
β_{min}	0,1	0,2	0.25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Для населенного пункта с численностью 10000 человек принимается β_{max} = 1,3. Тогда $K_{макс,ч}$ = 1,3·1,3 =1,69 и расчетный часовой расход составит

$$q_{\max,ч} = \frac{1{,}69 \cdot 3960}{24} = 278{,}85 \text{, м}^3\text{/ч.}$$

Расчетный секундный расход определяется как средний расход за час наибольшего водопотребления

$$q_{\max,c} = \frac{q_{ч.\max} \cdot 1000}{3600} = \frac{278{,}85 \cdot 1000}{3600} = 77{,}49 = 77{,}5 \text{ л/с.}$$

2. Расход воды на промышленном предприятии

На промышленном предприятии вода расходуется на хозяйственно-питьевые и для нужды душей. Производственное водоснабжение снабжается самостоятельной оборотной системой, безвозвратные потери воды в системе составляют 360 м^3/сут. Вода для подпитки оборотной системы подается из городского водопровода.

Расход воды из городского хозяйственно-питьевого водопровода для промышленного предприятия представляет собой сумму расходов воды на питьевые нужды, души и восполнения потерь оборотной системы производственного водоснабжения.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды определяется из условия потребления воды в цехах со значительным тепловыделением – 45 л, а в остальных цехах – 25 л на каждого рабочего в смену.

Расход воды на прием душей определяется из расчета 500 л/ч на одну душевую сетку, расчетная продолжительность пользования душем составляет 45 мин. Следовательно, расход воды на 1 душевую сетку составит 375 л/ч.

По нормам одна душевая сетка устанавливается на 15, 7 и 5 рабочих в зависимости от степени загрязнения, обусловленного характером производства. Принимается [8, п.2.4] 7 человек на одну душевую сетку на предприятии.

Таблица П2

Нормативы пользования душем на промышленном предприятии

Смена	Кол-во работающих в смену,чел.		Кол-во работающих пользующихся душем	Кол-во человек на 1 душевую сетку	Кол-во душевых сеток
	общее	в горячих цехах			
1	1000	300	200	7	30
2	1000	300	200	7	30
3	900	300	200	7	30
Всего:	2900	900	600		

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды

– в «горячих» цехах

$$q_{гор} = K_{час} \cdot n_г \cdot q_o = 2{,}5 \cdot 300 \cdot 45 = 33750 \text{ л/смену} = 4218{,}75 \text{ л/ч} = 1{,}17 \text{ л/с},$$

где $n_г$ – количество рабочих, работающих в «горячем» цехе, в смену;

q_o – норма расхода воды на одного человека;

$K_{час}$ – коэффициент равномерного водопотребления в течение смены, $K_{час} = 2{,}5$ – для «горячих» цехов, $K_{час} = 3$ – для «холодных» цехов (СНиП 2.04.02-84*, п. 2.4)

– в «холодных» цехах

$$q_{хол} = K_{час} \cdot n_x \cdot q_o = 3 \cdot 700 \cdot 25 = 52500 \text{ л/смену} = 6562{,}5 \text{ л/ч} = 1{,}82 \text{ л/с}.$$

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в сутки составит

$$Q_{х/п\ общ} = 3 \cdot (q_{гор} + q_{хол}) = 3 \cdot (33750 + 52500) = 258750 \text{ л/сут} = 258{,}75 \text{ м}^3\text{/сут}.$$

Расход воды на прием душей

$$q_{душ} = n_c \cdot q_{o\ c} = 30 \cdot 375 = 11250 \text{ л/ч} = 3{,}1 \text{ л/с},$$

где n_c – количество душевых сеток;

$q_{o\ c}$ – расход воды душевой сеткой.

Расход воды на прием душей в сутки составит

$$Q_{душ} = 3 \cdot q_{душ} = 3 \cdot 11250 = 33750 \text{ л/сут} = 33{,}75 \text{ м}^3\text{/сут},$$

Общий секундный расход составит

$$q_{общ} = q_{гор} + q_{хол} + q_{душ} = 1{,}17 + 1{,}82 + 3{,}1 = 6{,}09 \text{ л/с}.$$

Расход воды на безвозвратные потери воды в системе промышленного водоснабжения составляют $q_{пот} = 360$ м^3/сут или 0,004 м^3/с = 4 л/с.

Общий суточный расход воды из городского водопровода на промышленном предприятии составит

$$Q_{пром} = Q_{х/п\ общ} + Q_{душ} + Q_{пот} = 258{,}7 + 33{,}75 + 360 = 652{,}45\ м^3/сут.$$

Общий секундный расход воды из городского водопровода на промышленном предприятии составит

$$Q_{пром} = q_{общ} + q_{пот} = 6{,}09 + 4 = 10{,}09 = 10{,}1\ л/с.$$

3. Расход воды на полив и мойку покрытий проездов и площадей, поливка зеленых насаждений, газонов и цветников

Расходы воды на поливку улиц и зеленых насаждений определяются в соответствии со СНиП 2.04.02-84* п.2.3 табл. 3, в зависимости от площади территории, которую они занимают. При отсутствии данных относительно площади и видов благоустройства территорий, расходы воды на поливку и мойку улиц, поливку зеленых насаждений определяются по СНиП 2.04.02-84* по формуле:

$$Q_{пол.сут} = \frac{q_{пол} \cdot N_{ж}}{1000},\ м^3/сут.,$$

где $q_{пол}$ = (50 – 90) л/сут. – расходы воды на одного жителя.

Часовой расход воды на поливку определяется в зависимости от количества поливок за сутки ($n_{пол}$) и продолжительности одной поливки ($T_{пол}$):

$$Q_{пол.час} = \frac{Q_{пол.сут}}{n_{пол} \cdot T_{пол}},\ м^3/ч.$$

При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленные насаждения, проезды и т.п.) удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды на поливку из расчета на одного жителя следует принимать 50 – 90 л/сут в зависимости от климатических условий, мощности источника водоснабжения, степени благоустройства населенных пунктов и других местных условий [8, п.2.4]. Количество поливок надлежит принимать 1 – 2 в сутки в зависимости от климатических условий.

Принимается для данной местности расход воды на полив ($q_{пол}$) – 60 л/сут, количество поливок (n) – 1 раз в сутки.

Для теплого времени расход воды в сутки составит 60 л, полив в течение суток осуществляется 2 часа, таким образом, расход воды на полив в сутки составит

$$Q_{пол} = 60 \cdot 10000/(1 \cdot 2) = 300000\ л/сут = 300\ м^3/сут = 3{,}47 = 3{,}5\ л/с.$$

4. Расход воды на пожаротушение

Расчетное число одновременных наружных пожаров для объединенного противопожарного водопровода населенного пункта и промышленного предприятия,

принимается в зависимости от площади, занимаемой предприятием, и числа жителей в населенном пункте.

Для предприятий с площадью до 150 га принимают один пожар, а для предприятий с площадью больше 150 га – два пожара.

Общие расчетные пожарные расходы определяются из условия, что водопровод обеспечивает одновременно тушение пожаров в населенном пункте и на промышленном предприятии.

Для промышленного предприятия принимается 1 наружный пожар. Средний объем зданий 3 тыс. м^3, степень огнестойкости – II, категория помещений – Г, Д (табл. П3).

Общий секундный расход воды на пожаротушение в населенном пункте

$$Q_{пож} = q_{пр} + q_{нас} = 10 + 15 = 25 \text{ л/с}.$$

Таблица П3

Нормативы расхода воды на наружное пожаротушение

Степень огнестойкости	Категория помещений по огнестойкости	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м^3						
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 20	св. 20 до 50	св. 50 до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 600
I и II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I и II	А, Б, В	10	10	15	15	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	–	–
III	В	10	15	20	30	40	–	–
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	–	–	–
IV и V	В	15	20	25	40	–	–	–

Таким образом, общий суточный расход воды в населенном пункте

$$Q_{сут} = Q_{х/п} + Q_{пром} + Q_{пож} + Q_{пол} = 3969 + 652{,}4 + 270 + 300 = 4921{,}4 \text{ м}^3\text{/сут}.$$

Общий секундный расход воды в населенном пункте

$$q_{ср.max} = 77{,}5 + 10{,}1 + 25 + 3{,}5 = 116{,}1 \text{ л/с}.$$

5. Определение диаметра водовода

Диаметр трубопровода выбирается с учетом оптимальной скорости движения воды. Величина скорости движения воды при обычной работе водопровода принимается для малых диаметров труб 0,7 – 1,2 м/с, а для больших 1 – 1,5 м/с. При

работе сети во время пожара скорость движения воды в трубах не должна превышать 2 – 2,5 м/с. При этом выбор диаметров труб осуществляется лишь при расчете сети до пожара, так как для объединенного водопровода одна и та же сеть подает воду при двух режимах ее работы. При подаче пожарных расходов воды увеличиваются потери напора в сети; если диаметры труб определены без учета этого, потери напора будут очень большими, что ротводит к перерасходу электрожнергии наиподачу воды. Для предотвращения этого определенные до пожара диаметры труб проверяют на возможность пропуска пожарных расходов воды; при этом скорость движения воды в трубах не должна превышать указанных величин.

Если при расчете это условие не выполняется, необходимо увеличить диаметры труб и повторить проверку.

Вообще водоводы устраивают из двух и более трубопроводов. Если водовод выполняется в одну нитку, то в населенном пункте устраивают резервуар с насосной станцией. Резервуар должен быть емкостью, необходимой для подачи воды населению в аварийном режиме на время ликвидации аварии на водоводе. Расчетное время ликвидации аварии на трубопроводах систем водоснабжения I категории следует принимать [8] согласно табл. П4. Для систем водоснабжения II и III категорий указанное в таблице время следует увеличить соответственно 1,25 и 1,5 раза.

Таблица П4

Расчетное время ликвидации аварии

Диаметр труб, мм	Расчетное время ликвидации аварии на трубопроводах, ч, при глубине заложения труб, м	
	до 2	более 2
До 400	8	12
Св. 400 до 1000	12	17
Св. 1000	18	24

Принимаем два водовода одинакового диаметра из пластмассовых туб. По каждому будет протекать одинаковый расход 149,42/2 = 74,7 л/с., экономичная скорость, согласно [14] составляет υ = 1,22 м/с, гидравлически уклон 1000i = 4,65 мм/м для трубопровода d = 315 мм.

При пропуске противопожарного расхода равного 25 л/с по одному водоводу будет подаваться расход, равный 74,7 + 25/2 = 87,2 л/с. В этом случае скорость движения воды составит водопровода υ = 1,42 м/с, 1000i = 6,1 мм/м, что вполне допустимо. Чтобы сократить капитальные затраты (на половину трубопроводов) можно принять водоводы диаметром 280 мм, это приведет к тому, что при максимальном водоразборе υ = 1,8 м/с, 1000i = 11,8 мм/м, при пропуске противопожарного расхода υ = 2,11 м/с, 1000i = 15,7 мм/м, что также допустимо, но капитальные затраты сокращаются на 1,0…1,5 тыс.руб /м.

Таблица П5

Полиэтиленовые трубы [8]

Расход, q, л/с	Диаметр трубопровода, d, мм																			
	180		200		250		280		315		355		560		400		450		500	
	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i
39,5	2,32	32,0	1,88	19,3	1,49	11,0	1,20	6,67	0,96	3,88	0,645	1,50	0,508	0,85	0,40	0,48	0,316	0,27	0,236	0,137
40	2,35	32,7	1,90	19,7	1,50	11,3	1,22	6,82	0,97	3,96	0,653	1,54	0,514	0,87	0,405	0,49	0,320	0,28	0,339	0,140
41	2,41	34,1	1,95	20,6	1,54	1 1 ,8	1,25	7,12	1,00	4,14	0,67	1,61	0,53	0,91	0,42	0,51	0,328	0,29	0,245	0,146
42	2.47	35,6	2,00	21,5	1,58	12,3	1,28	7,43	1,02	4,32	0,69	1,68	0,54	0,95	0,43	0,54	0,336	0,31	0,251	0,152
43	2,53	37,2	2,05	22,4	1,62	12,8	1,31	7,75	1,04	4,51	0,70	1,75	0,55	0,99	0,44	0,56	0,344	0,32	0,257	0,159
44	2,59	38,7	2,09	23,4	1,65	13,3	1,34	8,07	1,07	4,69	0,72	1 ,82	0,57	1,03	0,45	0,58	0,352	0,33	0,263	0,166
45	2,64	40,3	2,14	24,5	1,69	13,9	1 ,37	8,40	1,10	4,88	0,74	1 ,90	0,58	1,07	0,46	0,61	0,360	0,34	0,269	0,172
46	2,70	41,9	2,19	25,3	1,73	14,4	1,40	8,74	1,12	5,08	0,75	1 ,97	0,59	1,11	0,47	0,63	0,368	0,36	0,275	0,179
47	2,76	43,5	2,24	26,3	1,77	15,0	1,43	9,08	1,14	5,28	0,77	2,05	0,60	1,15	0,48	0,65	0,376	0,37	0,281	0,186
48	2,82	45,2	2,28	27,3	1,81	15,6	1,46	9,42	1,17	5,48	0,78	2,13	0,62	1 ,20	0,49	0,68	0,384	0,39	0,287	0,193
49	2,88	46,8	2,33	28,3	1,84	16,1	1,49	9,77	1,19	5,68	0,80	2,20	0,63	1,24	0,50	0,70	0,392	0,40	0,293	0,200
50	2,94	48,5	2,38	29,3	1,88	16,7	1,52	10,1	1,21	5,89	0,82	2,29	0,64	1 ,29	0,51	0,73	0,400	0,42	0,299	0,208
51	3,00	50,3	2,43	30,4	1,92	17,3	1,55	10,5	1,24	6,10	0,83	2,37	0,66	1,33	0,52	0,76	0,408	0,43	0,305	0,215
52	–	–	2,47	31,4	1,96	17,9	1,58	10,9	1,26	6,31	0,85	2,45	0,67	1,38	0,53	0,78	0,416	0,45	0,311	0,223
53	–	–	2,52	32,5	1,99	18,6	1,62	11,2	1,29	6,53	0,87	2,53	0,68	1,43	0,54	0,81	0,424	0,46	0,317	0,230
54	–	–	2,57	33,6	2,03	19,2	1,65	11,6	1,31	6,75	0,88	2,62	0,69	1,48	0,55	0,84	0,432	0,48	0,323	0,238
55	–	–	2,62	34,7	2,07	19,8	1,68	12,0	1,34	6,97	0,90	2,71	0,71	1,53	0,56	0,86	0,440	0,49	0,329	0,246
56	–	–	2,66	35,8	2,11	20,5	1,71	12,4	1,36	7,20	0,91	2,79	0,72	1,58	0,57	0,89	0,448	0,51	0,335	0,254
57	–	–	2,71	37,0	2,14	21,1	1,74	12,8	1,38	7,43	0,93	2,88	0,73	1,63	0,58	0,92	0,456	0,52	0,341	0,262
58	–	–	2,76	38,2	2,18	21,8	1,77	13,2	1,41	7,66	0,95	2,97	0,75	1,68	0,59	0,95	0,464	0,54	0,347	0,270

Продолжение таблицы П5

Расход, q, л/с	Диаметр трубопровода, d, мм																			
	225		250		280		315		355		400		450		500		560		630	
	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i
59	2,22	22,4	1,80	13,6	1,43	7,90	0,96	3,07	0,76	1,73	0,60	0,98	0,472	0,56	0,353	0,279	0,281	0,162	0,222	0,092
60	2.26	23,1	1,83	14,0	1,46	8,14	0,98	3,16	0,77	1,78	0,61	1,01	0,480	0,57	0,359	0,287	0,286	0,167	0,226	0,095
61	2,29	23,8	1,86	14,4	1,48	8,38	1,00	3,25	0,78	1,83	0,62	1,04	0,488	0,59	0,365	0,296	0,291	0,172	0,230	0,098
62	2,33	24,5	1,89	14,8	1,51	8,62	1.01	3,35	0,80	1,89	0,63	1,07	0,496	0,61	0,371	0,30	0,296	0,177	0,234	0,101
63	2,37	25,2	1,92	15,3	1,53	8,87	1,03	3,44	0,81	1,94	0,64	1,10	0,504	0,63	0,377	0,31	0,300	0,182	0,237	0,104
64	2,41	25,9	1,95	15,7	1,55	9,12	1,05	3,54	0,82	2,00	0,65	1,13	0,512	0,64	0,383	0,32	0,305	0,187	0,241	0,107
65	2,44	26,6	1,98	16,1	1,58	9,38	1,06	3,64	0.84	2,05	0,66	1,16	0,520	0,66	0,389	0,33	0,310	0,193	0,245	0,110
66	2,48	27,4	2,01	16,6	1,60	9,63	1,08	3,74	0,85	2,11	0,67	1,19	0,528	0,68	0,395	0,34	0,315	0,198	0,249	0,113
67	2,52	28,1	2,04	17,0	1,63	9,89	1.09	3,84	0,86	2,17	0,68	1,23	0,536	0,70	0,401	0,35	0,319	0,203	0,252	0,116
68	2,56	28,9	2,07	17,5	1,65	10,2	1,11	3,94	0,87	2.22	0,69	1,26	0,544	0,72	0,407	0,36	0,324	0,209	0,256	0,119
69	2,59	29,6	2,10	17,9	1,68	10,4	1,13	4,05	0,89	2,28	0,70	1,29	0,552	0,74	0,413	0,37	0,329	0,214	0,260	0,122
70	2,63	30,4	2,13	18,4	1,70	10,7	1,14	4,15	0,90	2,34	0,71	1,33	0,560	0,76	0,419	0,38	0,334	0,220	0,264	0,125
71	2,67	31,2	2,16	18,9	1,72	11,0	1,16	4,25	0,91	2,40	0,72	1,36	0,568	0,77	0,425	0,39	0,338	0,225	0,267	0,128
72	2,71	31,9	2,19	19,3	1,75	11,2	1.Г8	4,36	0,93	2,46	0,73	1,39	0,576	0,79	0,431	0,40	0,343	0,231	0,271	0,132
73	2,75	32,7	2,22	19,8	1,77	11,5	1,19	4,47	0,94	2,52	0,74	1,43	0,584	0,81	0,437	0,41	0,348	0,237	0,275	0,135
74	2.78	33,5	2,26	20,3	1 ,80	11,8	1,21	4,58	0,95	2,58	0,75	1,46	0,592	0,83	0,443	0,42	0,353	0,242	0,279	0,138
75	2,82	34,3	2,29	20,8	1 ,82	12,1	1,23	4,69	0,96	2,65	0,76	1,50	0,600	0,85	0,449	0,43	0,358	0,248	0,283	0,141
76	2,86	35,2	2,32	21,3	1,85	12,4	1,24	4,80	0,98	2,71	0,77	1,53	0,608	0,87	0,455	0,44	0,362	0,254	0,286	0,145
77	2,90	36,0	2,35	21,8	1,87	12,7	1,26	4,92	0,99	2,77	0,78	1,57	0,616	0,89	0,461	0,45	0,367	0,260	0,290	0,148
78	2,93	36,8	2,38	22,3	1,89	13,0	1,27	5,03	1,00	2,84	0,79	1,61	0,624	0,91	0,466	0,46	0,372	0,266	0,294	0,152

Продолжение таблицы П5

Расход, q, л/с	Диаметр трубопровода, d, мм																	
	250		280		315		355		400		450		500		560		630	
	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i
79	2,41	22,8	1,92	13,3	2,90	5,15	1,02	2,90	0,80	1,64	0,632	0,94	0,472	0,47	0,377	0,272	0,298	0,155
80	2,44	23,3	1,94	13,6	1,31	5,26	1,03	2,97	0,81	1,68	0,640	0,96	0,478	0,48	0,381	0,278	0,301	0,159
81	2,47	23,8	1,97	13,9	1,32	5,38	1,04	3,03	0,82	1,72	0,648	0,98	0,484	0,49	0,386	0,284	0,305	0,162
82	2,50	24,4	1,99	14,2	1,34	5,50	1,05	3,10	0,83	1,76	0,656	1,00	0,490	0,50	0,391	0,291	0,309	0,166
83	2,53	24,9	2,02	14,5	1,36	5,62	1,07	3,17	0,84	1,79	0,664	1,02	0,496	0,51	0,396	0,297	0,313	0,169
84	2,56	25,4	2,04	14,8	1,37	5,74	1,08	3,23	0,85	1,83	0,672	1,04	0,502	0,52	0,400	0,303	0,316	0,173
85	2,59	26,0	2,06	15,1	1,39	5,86	1,09	3,30	0,86	1,87	0,680	1,07	0,508	0,53	0,405	0,310	0,320	0,177
86	2,62	26,5	2,09	15,4	1,40	5,98	1,10	3,37	0,87	1,91	0,688	1,09	0,514	0,54	0,410	0,316	0,324	0,180
87	2,65	27,1	2,11	15,7	1,42	6,11	1,12	3,44	0,88	1,95	0,696	1,11	0,520	0,55	0,415	0,323	0,328	0,184
88	2,68	27,6	2,14	16,0	1,44	6,23	1,13	3,51	0,89	1,99	0,704	1,13	0,526	0,57	0,420	0,330	0,331	0,188
89	2,71	28,2	2,16	16,4	1,45	6,36	1,14	3,58	0,90	2,03	0,712	1,16	0,532	0,58	0,424	0,336	0,335	0,192
90	2,74	28,7	2,19	16,7	1,47	6,48	1,16	3,66	0,91	2,07	0,720	1,18	0,538	0,59	0,429	0,343	0,339	0,195
91	2,77	29,3	2,21	17,0	1,49	6,61	1,17	3,73	0,92	2,11	0,728	1,20	0,544	0,60	0,434	0,350	0,343	0,199
92	2,80	30,0	2,23	17,4	1,50	6,74	1,18	3,80	0,93	2,15	0,836	1,23	0,550	0,61	0,439	0,357	0,347	0,203
93	2,83	30,5	2,26	17,7	1,52	6,87	1,19	3,87	0,94	2,20	0,744	1,25	0,556	0,62	0,443	0,363	0,350	0,207
94	2,86	31,0	2,28	18,0	1,54	7,00	1,21	3,95	0,95	2,24	0,752	1,27	0,562	0,64	0,448	0,370	0,354	0,211
95	2,90	31,6	2,31	18,4	1,55	7,14	1,22	4,02	0,96	2,28	0,760	1,30	0,568	0,65	0,453	0,377	0,358	0,215
96	2,93	32,2	2,33	18,7	1 57	7,27	1,23	4,10	0,97	2,32	0,768	1,32	0,574	0,66	0,458	0,385	0,362	0,219
97	2,96	32,8	2,36	19,1	1,58	7,41	1,25	4,18	0,98	2,37	0,776	1,35	0,580	0,67	0,462	0,392	0,365	0,223
98	2,99	33,4	2,38	19,4	1,60	7,54	1,26	4,25	0,99	2,41	0,784	1,37	0,586	0,69	0,467	0,399	0,369	0,227

Продолжение таблицы П5

Расход, q, л/с	Диаметр трубопровода, d, мм																			
	280		315		355		400		450		500		560		630		710		800	
	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i	υ, м/с	1000i
99	2,40	19,8	1,62	7,68	1,27	4,33	1,00	2,45	0,79	1,40	0,59	0,70	0,47	0,406	0,373	0,231	0,294	0,131	0,231	0,074
100	2,43	20,1	1,63	7,82	1,28	4,41	1,01	2,50	0,80	1,42	0,60	0,71	0,48	0,41	0,377	0,236	0,297	0,133	0,234	0,075
102	2,48	20,9	1,67	8,10	1,31	4,56	1,03	2,59	0,82	1,47	0,61	0,74	0,49	0,43	0,384	0,244	0,303	0,138	0,238	0,078
104	2,53	21,6	1,70	8,38	1,34	4,72	1,05	2,68	0,83	1,52	0,62	0,76	0,50	0,44	0,392	0,253	0,309	0,143	0,243	0,081
106	2,57	22,3	1,73	8,67	1,36	4,89	1,07	2,77	0,85	1,58	0,63	0,79	0,51	0,46	0,399	0,261	0,315	0,148	0,248	0,084
108	2,62	23,1	1,76	8,96	1,39	5,05	1 ,09	2,86	0,86	1 ,63	0,65	0,81	0,515	0,47	0,407	0,270	0,32	0,153	0,252	0,086
110	2,67	23,8	1,80	9,26	1,41	5,22	1,11	2,96	0,88	1 ,68	0,66	0,84	0,52	0,49	0,414	0,279	0,326	0,158	0,257	0,089
112	2,72	24,6	1,83	9,56	1,44	5,39	1,13	3,05	0,90	1,74	0,67	0,87	0,53	0,51	0,422	0,288	0,332	0,163	0,262	0,092
114	2,77	25,4	1,86	9,86	1,46	5,56	1,15	3,15	0,91	1,79	0,68	0,90	0,54	0,52	0,429	0,297	0,338	0,168	0,266	0,095
116	2,82	26,2	1,89	10,2	1,49	5,73	1,17	3,25	0,93	1,85	0,69	0,92	0,55	0,54	0,437	0,307	0,344	0,173	0,271	0,098
118	2,86	27,0	1,93	10,5	1,52	5,91	1,19	3,35	0,94	1,91	0,71	0,95	0,56	0,55	0,444	0,32	0,35	0,179	0,276	0,101
120	2,91	27,8	1,96	10,8	1,54	6,09	1,22	3,45	0,96	1,96	0,72	0,98	0,57	0,57	0,452	0,33	0,356	0,184	0,28	0,104
122	2,96	28,7	1,99	11,1	1,57	6,27	1,,24	3,55	0,98	2,02	0,73	1,01	0,58	0,59	0,460	0,34	0,362	0,19	0,285	0,107
124	3,01	29,5	2,03	11,4	1,59	6,46	1,26	3,66	0,99	2,08	0,74	1,04	0,59	0,61	0,467	0,35	0,368	0,195	0,29	0,11
126	–	–	2,06	11,8	1,62	6,64	1,28	3,76	1,01	2,14	0,75	1,07	0,60	0,62	0,475	0,36	0,374	0,201	0,294	0,114
128	–	–	2,09	12,1	1,64	6,83	1,30	3,87	1,02	2,20	0,77	1,10	0,61	0,64	0,482	0,37	0,38	0,207	0,299	0,117
130	–	–	2,12	12,4	1,67	7,02	1,32	3,98	1,04	2,26	0,78	1,13	0,62	0,66	0,490	0,38	0,386	0,212	0,304	0,12
132	–	–	2,16	12,8	1,70	7,21	1,34	4,09	1,06	2,33	0,79	1,16	0,63	0,68	0,497	0,39	0,392	0,218	0,308	0,123
134	–	–	2,19	13,1	1,72	7,41	1,36	4,20	1,07	2,39	0,80	1,19	0,64	0,69	0,505	0,40	0,398	0,224	0,313	0,127
136	–	–	2,22	13,5	1,75	7,60	1,38	4,31	1,09	2,45	0,81	1,23	0,65	0,71	0,512	0,41	0,404	0,23	0,318	0,13

6. Определение глубины заложения трубопровода водовода

Глубина заложения определяется с учётом проникновения нулевой температуры в грунт

$$h_{зал} = h_0 + 0{,}5, м,$$

где h_0 – глубина проникновения нулевой температуры в грунт, для Челябинской области равная 2,0м.

$$h_{зал} = 2{,}0 + 0{,}5 = 2{,}5 м.$$

Построить профиль участка заложения трубопровода водовода на участке от источника водоснабжения до населенного пункта.

Пример № 2

Определить расход сточных вод населенного пункта. Наметить в плане сеть водоотведения бытовых сточных вод, расположение очистных сооружений. Выполнить гидравлический расчет главного коллектора, построить продольный профиль главного коллектора.

Для расчета сети водоотведения используются данные из примера № 1.

При расчете сетей водоотведения населенных пунктов используются нормы водоотведения. За среднесуточный расход сточных вод от жилых зон принимаются максимальные суточные расходы на водопотребление жителями. От производственного предприятия в сеть хозяйственно-бытовых стоков поступают стоки от душевых помещений

Объем сточных вод, поступающий в систему водоотведения от жилых районов, принимается равным водопотреблению населением.

Среднесуточный расход стоков $Q^S_{сут} = Q'_{сут.max} = 3960$ м^3/сут.
Общий среднесуточный расход стоков с учетом промышленного предприятия составит $Q^S_{сут\ max} = 3960 + 33{,}75 = 3993{,}8$ м^3/сут. = 4000 м^3/сут.

Средний секундный расход стоков вычисляется по формуле

$$q = \frac{1000 \cdot Q^S_{сут}}{86400} = \frac{1000 \cdot 4000}{86400} = 46{,}29 \text{ л/с.}$$

В соответствии с табл. П5 по расходу для коллектора выбираются трубы ПНД диаметром 400 мм, наполнение 0,4 скорость 0,85 м/с, наименьший уклон 0,0015.

Определение глубины заложения коллектора

Глубина заложения коллектора на начальном участке может быть назначена в соответствии с [7] при диаметре до 500 мм на 0,3 м менее большей глубины проникновения в грунт нулевой температуры

$$h_{зал} = h_0 - 0{,}5 = 2{,}0 - 0{,}5 = 1{,}5 \text{ м.}$$

Построить профиль коллектора.

Таблица П6

Значение наименьших уклонов и диаметров труб при расходах, указанных в таблицах [12]

Расход, q, л/с	Скорость, υ, м/с	Наполнение в долях d	Наименьший уклон 1000i	Наименьший диаметр труб, мм		
				из ПНД типа		из ПВХ типа СЛ
				СЛ	С	
1,4 (3,6)	0,78	0,3	10	–	110	–
1,6 (4)	0,80	0,3	10	110	–	–
1,6 (4,4)	0,83	0,3	10	–	–	110
2,2 (5,3)	0,83	0,3	9	125	–	–
2,3 (5,6)	0,84	0,3	9	–	125	–
2,5 (5,9)	0,85	0,3	9	–	–	125
1,3 (7,2)	0,70	0,2	9	140	–	–
1,4 (7,7)	0,71	0,2	9	–	140	–
1,5 (8,5)	0,70	0,2	10	–	–	140
3 (9,6)	0,76	0,3	6	–	160	–
3,4 (10,7)	0,78	0,3	6	160	–	–
3,8 (12)	0,81	0,3	6	–	–	160
4,7 (14,7)	0,85	0,3	6	180	–	–
5 (15,6)	0,87	0,3	6	–	180	–
5,2 (16,3)	0,88	0,3	6	–	–	180
5,6 (17,6)	0,83	0,3	5	200	–	–
5,9 (18,6)	0,84	0,3	5	–	200	–
6,3 (19,6)	0,86	0,3	5	–	–	200
6,1 (19,3)	0,77	0,3	4	–	225	–
6,8 (21,3)	0,80	0,3	4	225	–	–
7,6 (23,6)	0,82	0,3	4	–	–	225
7,7 (24)	0,73	0,3	3	250	–	–
8,2 (29,8)	0,74	0,3	3	–	250	–
8,6 (26,7)	0,75	0,3	3	–	–	250
10,4 (39,5)	0,79	0,3	3	280	–	–
11,0 (42,0)	0,80	0,3	3	–	280	–
11,6 (36,1)	0,81	0,3	3	–	–	280
19,2 (44,0)	0,84	0,4	2,5	–	315	–
21,4 (48,8)	0,86	0,4	2,5	315	–	–
24,0 (54,7)	0,89	0,4	2,5	–	–	315
26,0 (59,3)	0,83	0,4	2	355	–	–
27,6 (63,0)	0,84	0,4	2	–	355	–
28,9 (66,0)	0,85	0,4	2	–	–	355

Окончание таблицы П6

Расход, q, л/с	Скорость, υ, м/с	Наполнение в долях d	Наименьший уклон 1000i	Наименьший диаметр труб, мм		
				из ПНД типа		из ПВХ типа СЛ
39,3 (62,5)	0,85	0,5	1,5	–	400	–
43,8 (69,5)	0,82	0,5	1,5	400	–	–
48,7 (77,3)	0,84	0,5	1,5	–	–	400
79,6 (105)	0,90	0,6	1,4	–	450	–
83,5 (110)	0,91	0,6	1,4	–	–	450
91,5 (99)	0,90	0,7	1,4	450	–	–
94,6 (124,5)	0,91	0,6	1,3	500	–	–
101,6 (133)	0,91	0,6	1,3	500	–	–
94,1 (161)	0,90	0,5	1,2	500	–	–
102,6 (181,7)	0,91	0,5	1,2	–	500	–
168,2 (221)	1,01	0,6	1,2	630	–	–
178,3 (234)	1,03	0,6	1,2	–	630	–
221,3 (291)	1,0	0,6	1,0	–	710	–
232,7 (306)	1,0	0,6	1,0	710	–	–
286,3 (376,5)	1,02	0,6	0,9	–	800	–
601,1 (396)	1,03	0,6	0,9	800	–	–
295,8 (506)	1,01	0,5	0,8	900	–	–
416,6 (766)	1,15	0,5	0,9	1000	–	–
631,8 (1161,5)	1,21	0,5	0,8	1200	–	–
764,7 (1080)	1,17	0,6	0,7	1200	–	–

Примечание. В скобках указаны максимальные расходы, соответствующие наибольшему расчетному наполнению трубы данного диаметра при указанном уклоне.

Таблица П7

Размеры санитарно-защитных зон от канализационных сооружений

Сооружения	Производительность станции, $м^3$/сут			
	до 0,2	св. 0,2 до 5	св. 5 до 50	св. 50 до 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сбраживания осадков, а также отдельно расположенные иловые площадки	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой осадков в закрытых помещениях	100	150	300	400

Окончание таблицы П7

Сооружения	Производительность станции, $м^3$/сут			
	до 0,2	св. 0,2 до 5	св. 5 до 50	св. 50 до 280
Поля фильтрации	200	300	500	–
Земледельческие поля орошения	150	200	400	–
Биологические пруды	200	200	300	300
Сооружения с циркуляционными окислительными каналами	150	–	–	–
Насосные станции	15	20	20	30

Примечания:

1. Санитарно-защитные зоны канализационных сооружений производительностью свыше 280 $м^3$/сут, а также при отступлении от принятой технологии очистки сточных вод и обработки осадка устанавливается по согласованию с главным санитарно-эпидемиологическим управлением министерства здравоохранения.

2. Санитарно-защитные зоны, указанные в таблице, допускается увеличивать, но не более чем в 2 раза в случае расположения жилой застройки с подветренной стороны по отношению к очистным сооружениям или уменьшать не более сем на 25 % при наличии благоприятной розы ветров.

3. При отсутствии иловых площадок на территории очистных сооружений производительностью свыше 0,2 тыс. $м^3$/су. размер зоны следует сокращать на 30 %.

4. Санитарно-защитные зоны от полей фильтрации площадью до 0,5 га и от сооружений механической и биологической очистки на биофильтрах производительностью до 50 $м^3$/сут следует принимать 100 м.

5. Санитарно-защитные зоны от полей подземной фильтрации производительностью менее 15 $м^3$/сут следует принимать 15 м.

6. Санитарно-защитные зоны от фильтрующих траншей и песчано-гравийных фильтров следует принимать 25 м, от септиков и фильтрующих колодцев – соответственно 5 и 8 м, от аэрационных установок на полное окисление с аэробной стабилизацией или при производительности до 700 $м^3$/сут – 50 м.

7. Санитарно-защитную зону от сливных станций следует принимать 300 м.

8. Санитарно-защитную зону от очистных сооружений поверхностных вод с селитебных территорий следует принимать 100 м, от насосных станций – 15 м, от очистных сооружений промышленных предприятий – по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы.

8. Санитарно-защитную зону от шламонакопителей следует принимать Вт зависимости от состава и свойств шлама по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы.

Таблица П8

Размеры земельных участков для очистных сооружений канализации

Производительность очистных сооружений канализации, тыс. $м^3$/сут	Размеры земельных участков, га		
	очистных сооруже-ний	иловых площадок	биологических прудов для доочистки стоков
До 0,7	0,5	0,2	–
Св. 0,7 до 17	4	1	3
От 0,7 до 40	6	9	6
От 40 до 130	12	25	20
От 130 до 175	14	30	30
От 175 до 280	18	55	–

Примечание:

Размеры земельных участков очистных сооружений производительностью свыше 280 тыс. $м^3$/сут следует принимать по проектам, разработанным в установленном порядке, проектам аналогичных сооружений или по данным специализированных организаций при согласовании с органами санэпидемслужбы.

Пример № 3

Гидравлический расчет и высотное проектирование дождевой сети

Гидравлический расчет сети заключается в подборе диаметра и уклона трубопровода. Высотное проектирование сети состоит из расчетов, необходимых при построении профиля сети, а также для определения величины минимального заложения уличной сети.

В соответствии с Генпланом проектируемого района с учетом рельефа местности определяются бассейны водосбора и площади всех элементов кварталов.

Расчет расходов на участках

Запроектированная дождевая водоотводящая сеть разбивается на расчетные участки, каждому узлу (колодцу) сети присваивается номер.

Согласно СНиП [1] расчетные расходы дождевых вод следует определять с помощью метода предельных интенсивностей по формуле:

$$q_{col} = \frac{z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{1,2n-1}} \cdot \beta, \text{ л/с}$$

где *A,* n – параметры;

z_{mid} – средневзвешенное значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока, га;

F – расчетная площадь стока, га;

t_r – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин;

β – коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости сети в момент возникновения напорного режима.

Параметр А определяется по формуле:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^\gamma$$

где q_{20} – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при Р=1 год, принимаемая по рис. 5.2 [2];

n – показатель степени, определяемый по табл. 5.1[7];

$m_г$ – среднее количество дождей за год, принимаемое по табл. 5.1 [7];

Р – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, принимаемый по табл. 5.2 [2];

γ – показатель степени, принимаемый по табл. 5.1 [7].

Средневзвешенное значение коэффициента z_{mid} характеризующего поверхность бассейна стока, определяется по формуле:

$$z_{mid} = \frac{1}{F_{,o}} \sum z_i \cdot F_i,$$

где z_i – коэффициент покрова для i-той части бассейна стока, определяемый по табл. 5.3 и 5.4 [2];

F_I – площадь i-той части бассейна стока, га;

$F_{общ}$ – площадь всего бассейна стока, га.

Расчетная площадь стока для участка сети принимается равной всей площади стока или части ее, дающей максимальный расход.

Расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка $t_г$ определяется по формуле:

$$t_г = t_{con} + t_{can} + t_p, \text{ мин},$$

где $t_{соп}$ – продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка или при наличии внутри квартала дождеприемников. Значение $t_{соп}$ принимается равным 5 – 10 мин при отсутствии внутриквартальных закрытых сетей, или 3 – 5 мин при их наличии;

$t_{сап}$ – продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам, определяется по формуле:

$$t_{can} = 0{,}021 \sum \frac{l_{can}}{v_{can}}, мин$$

где l_{can} – длина участков лотка, м;

υ_{can} – расчетная скорость течения по лоткам, м/с;

t_p – продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения, определяется по формуле:

$$t_p = 0{,}017 \sum \frac{l_p}{v_p}, мин$$

где l_p – длина расчетных участков коллектора, м;

υ_p – расчетная скорость течения на участке, м/с.

Значения коэффициента β, учитывающего заполнение свободной емкости сети, следует определять по табл. 5.6 [2].

Город Челябинск относится к равнинной части запада и центра Европейской территории России. Значение параметра q_{20}=60 л/с га [7]. Площадь бассейн составляет $F_{общ}$=32,32 га. Условия расположения коллекторов – благоприятные, следовательно, принимается период однократного превышения расчетной интенсивности P=0,35 года [7]. По табл. 5.1 [7] находим значения параметров n=0,59, m_r=150, γ=1,54.

По формуле (2) определяется параметр A:

$$A = 60 \cdot 20^{0,59}\left(1 + \frac{\lg 0,35}{\lg 150}\right)^{1,54} = 244,63$$

Находится средневзвешенное значение коэффициента z_{mid}. Коэффициенты покрова принимается в соответствии табл. 5.3 и 5.4: для асфальтовых покрытий и кровли коэффициент z=0,32, для брусчатки z=0,224, для газонов z=0,038. Так как общая площадь стока микрорайона менее 500 га коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади можно не учитывать (K=1).

Примерно 40% микрорайона занимают дорожные и асфальтовые покрытия, 30% – кровли зданий, 30% – газоны.

По формуле (3) рассчитываем:

$$z_{mid} = \frac{36,06 \cdot 0,3 \cdot 0,32 + 36,06 \cdot 0,4 \cdot 0,32 + 36,06 \cdot 0,3 \cdot 0,038}{36,06} = 0,235$$

По табл. 5.6 [2] определяем значение коэффициента, учитывающего заполнение свободной емкости сети, β=0,705. Принимаем продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка t_{con}=5 мин, а продолжительность t_{can}=1 мин.

Требования, предъявляемые к гидравлическому расчету и высотному проектированию

1. Наименьший (минимальный) диаметр и уклон для внутриквартальной сети принимаются соответственно 200 мм и 0,007. Для уличной сети минимальный диаметр принимается 250 мм.

2. Расчетное наполнение в трубах дождевых сетей принимается полным.

3. Скорости течения в трубах при данном расчетном расходе должны быть не меньше минимальных, представленных в табл. СНиП.

4. Максимально допустимая скорость течения для неметаллических труб – 7 м/с, а для металлических – 10 м/с.

5. Трубопроводы соединяют по «шелыгам».

6. Диаметры труб от участка к участку должны возрастать, исключения допускаются при резком увеличении уклона местности.

7. Минимальную глубину заложения рекомендуется принимать как наибольшую из двух величин:

$$h' = h_{пр} - a, \text{ м};$$

$$h'' = 0,7 + D, \text{ м},$$

a – параметр, принимаемый в зависимости от диаметра туб: до 500 мм – 0,3 м, для большего диаметра – 0,5 м.

8. Максимальная глубина заложения для заданных грунтов 7 – 8 м.

9. Для труб диаметром более 500 мм рекомендуется учитывать местные сопротивления на поворотах, слияниях и перепадах.

10. Для самотечных безнапорных сетей рекомендуется применять железобетонные, пластмассовые трубы, а для напорных сетей – напорные железобетонные и пластмассовые трубы.

Порядок гидравлического расчета дождевой сети в табличной форме

Расчет начинают с наиболее длинного коллектора бассейна стока.

Для заполнения таблицы гидравлического расчета, необходимо знать геодезические отметки колодцев начала и конца участков всей сети, их длины и площади, примыкающие к каждому участку.

Последовательность заполнения табл. 5 вначале заполняются столбцы с исходными данными – столбцы 1, 2, 9, 11 и 12. Затем производится гидравлический расчет последовательно каждого участка в следующем прядке:

1. Рассчитывается площадь стока (накопленная площадь из столбца 3 – как сумма всех накопленных площадей примыкающих сверху участков плюс непосредственно участковая площадь).

2. Задается ориентировочная скорость протока (например, 1,0 м/с) и рассчитывается продолжительность протока в трубах на участке t_p по формуле (1). Для этого рассчитывается время протока на участке и суммируется с наибольшей продолжительностью из всех примыкающих сверху участков (столбец 5).

3. В зависимости от найденного значения t_p находится удельный сток q_c (столбец 6) и рассчитывается расход на участке (столбец 7) по формуле:

$$q = q_c \cdot F \cdot K, \text{ л/с},$$

где F – накопленная площадь, га

K – коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади (см. табл. П9 или [7]):

Таблица П9

Значение коэффициента К

Площадь, га	500	1000	2000	4000	6000	8000	10000
К	0,95	0,90	0,85	0,8	0,7	0,6	0,55

4. Рассчитывается ориентировочный минимальный уклон трубопровода по формуле:

$$i_0 = (h_{min} - h_1 + z_1 - z_2)/L,$$

где h_1 – глубина заложения трубопровода в начале участка, м

z_1 и z_2 – отметки поверхности земли в начале и конце участка, м,

L – длина участка, м.

В том случае, если в результате расчета получается отрицательное число или близкое к нулю значение, уклон можно принять равным минимальному, исходя из расчетного расхода на участке.

6. Подбирается трубопровод с необходимым диаметром D, полным заполнением, скоростью течения υ и уклоном i по известному расчетному расходу и скорости протока. Трубы подбираются по таблицам [15]. Для определения скорости и расхода при промежуточном значении уклона используют интерполяцию.

Подбор начинается с минимального диаметра, постепенно переходя к большим. Для выбора диаметра можно руководствоваться минимальными расходами. Уклон трубопровода должен быть не меньше ориентировочного минимального. Скорость должна быть, во-первых, не меньше минимальной, во-вторых, не меньше наибольшей скорости на примыкающих участках.

Заполняются столбцы 8, 9 и 11. Падение Δh равно произведению длины на уклон $\Delta h = i \cdot L$.

7. Рассчитывается глубина заложения и отметки в начале участка:

– определяется отметка дна в начале участка: $Z_{1д} = Z_1 - h_1$. Заполняются столбцы 14 и 16.

8. Рассчитывается глубина заложения и отметки в конце участка:

– отметка дна: $Z_{2д} = Z_{1д} - \Delta h$;

– глубина заложения: $h_2 = Z_2 - Z_{2д}$ (Z_2 – отметка поверхности земли в конце участка).

Заполняются столбцы 15 и 17.

9. Строится продольный профиль участка.

Таблица П10

Значения коэффициентов покрова и стока

Вид поверхности стока	Коэффициент покрова z_i	Постоянный коэффициент стока Ψi
Кровли и асфальтобетонные покрытия (водонепроницаемые поверхности)	0,33 – 0,23 (принимается по табл. 3 [7])	0,95
Брусчатые мостовые и щебеночные покрытия	0,224	0,6
Булыжные мостовые	0,145	0,45
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0125	04
Гравийные садово-парковые дорожки	0,09	0,3
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,064	0,2
Газоны	0,038	0,1

Таблица П11

Значения коэффициента покрова от параметра А

Параметр n	Коэффициент z при параметре А								
	300	**400**	**500**	**600**	**700**	**800**	**1000**	**1200**	**1500**
Менее 0,65	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23
0,65 и более	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24

Таблица П11

Минимальные скорости, расходы и уклоны

Диаметр, мм	Скорость, м/с	Расход, л/с	Уклон
200 – 250	0,7	20	0,0046
300 – 350	0,8	55	0,0033
400	0,8	100	0,0021
450 – 500	0,9	140	0,002
600 – 700	1,0	280	0,0019
800 – 900	1,0	460	0,0013
1000 – 1100	1,15	850	0,0013
1200 – 1300	1,15	1500	0,001
1400 – 1750	1,3	1700	0,001
≥2000	1,3	4100	0,0009

Таблица П13

№ уч.	Площадь, га		Скорость, м/с	t_p, мин	Уд. сток, л/с*га	Расход, л/с	Диаметр, мм	Уклон	Длина, м	Падение, м	Отметки, м				Глубина заложения, м	
											земля		дно			
	уч.	на-копл									в нач	в кон	в нач	в кон	в нач	в кон
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1_2	8,68	8,68	0,9	14,49	19,40	160,00	500	0,0025	767	1,917	254,5	251,2	251,3	249,4	3,18	1,798
2_3	11,1	11,1	0,9	23,33	15,602	164,50	500	0,0025	468	1,17	254,4	252,5	251,9	250,7	2,5	1,82
3_4	4,73	4,73	0,95	26,23	14,733	66,20	500	0,0055	162	0,891	254,5	255,6	252,7	251,8	1,8	3,861
4_5	11,55	11,55	0,9	30,61	13,634	149,60	500	0,0025	232	0,58	253,8	250,7	249,5	248,9	4,33	1,8

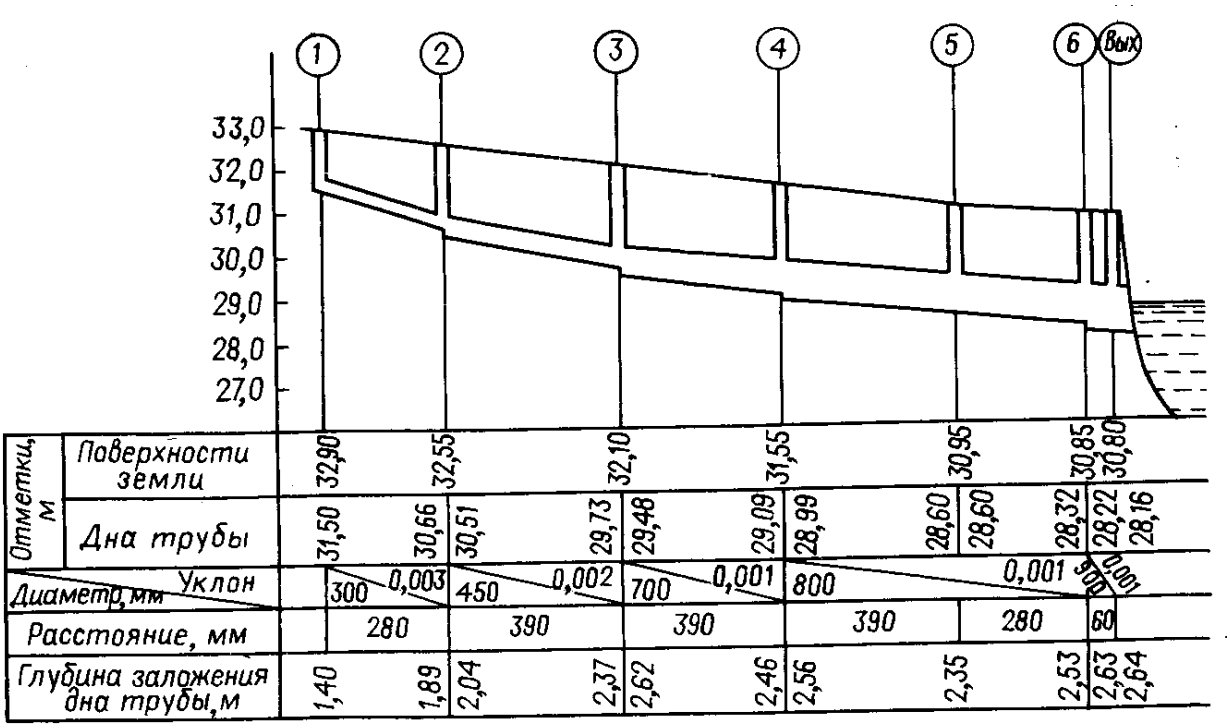


Рис. П1. Пример выполнения продольного профиля коллектора

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бейербах, В.А. Инженерные сети, инженерная подготовка и оборудование территорий, зданий и стройплощадок: учеб. пособ., 3-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Дону: Феникс, 2009. – 568 с.

2. Водный кодекс Российской Федерации.

3. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

4. Калицун, В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация: Учеб. пособие для вузов по специальности «Пром. и гражд. стр-во» / В. И. Калицун, В. С. Кедров, Ю. М. Ласков, М.: Стройиздат, 2003. – 396 с.

5. Кедров, В.С. Водоснабжение и водоотведение Учеб. для вузов по специальности 290700 «Теплогазоснабжение и вентиляция» / В. С. Кедров, П. П. Пальгунов, М. А. Сомов и др, М. Стройиздат, 2002. – 335 с.

6. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбоцементных и пластмассовых водопроводных труб – М: Стройиздат, 1984.

7. СНиП 2.04.03-85* Канализация. Наружные сети и сооружения.

8. СНиП 2.04.02-85* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

9. СНиП 23-01-99* Строительная климатология.

10. Алексеев М.И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. Учебное пособие для вузов по строительным специальностям / М.И. Алексеев, А.М. Курганов. – М.: АСВ, 2000. – 352с.

11. СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.

12. Карелин, Я. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей из пластмассовых труб круглого сечения: Справ. пособие. – М.: Стройиздат, 1986. – 55 с.

13. СНиП 2.04.01-85*Внутренний водопровод и канализация зданий.

14. СНиП II-89-80* Генеральные планы промышленных предприятий

15. Лукиных, А.А. Лукиных П.А., Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н.Павловского / А.А. Лукиных, П.А. Лукиных, 5-е издание. – М: Стройиздат, 1986.

16. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений: учеб. для вузов по специальностям «Пром. и гражд. стр-во», «Пр-во строит. материалов, изделий и конструкций» / Е.Н. Бухаркин и др.; под ред. Ю.П. Соснина. – М.: Высшая школа, 2009. – 414 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение…… 3
1. Водоснабжение…… 4
1.1. Системы водоснабжения…….. 5
1.2. Схемы водоснабжения населенных пунктов…….. 6
1.3. Устройство и оборудование водопроводной сети……. 7
1.4. Режим работы сооружений ……. 15
1.5. Гидравлический расчет водопроводных сетей…….. 19
2. Водоотведение…… 20
2.1. Общая схема водоотведения и ее элементы……... 20
2.2. Назначение и область применения сооружений на сетях……. 23
2.3. Принципы проектирования водоотводящей сети…….. 24
2.4. Нормы водоотведения и режим поступления сточных вод…….. 27
2.5. Дождевая водоотводящая сеть……. 32
2.5.1 Определение расчетных расходов дождевой воды…… 34
2.5.2 Расчет сети……. 37
2.5.3 Начертание дождевой сети в плане……. 37
2.5.4 Выпуск дождевых вод……. 38
3. Размещение инженерных сетей в населенном пункте…… 39
Приложение…… 49
Библиографический список…….. 73